

KÜLSŐ CSILLAGKEREKES GÖRGŐS SZABADONFUTÓK EGYTENGELYŰSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

MISALIGNMENT INVESTIGATION OF ROLLER FREEWHEELS WITH OUTER STARWHEEL

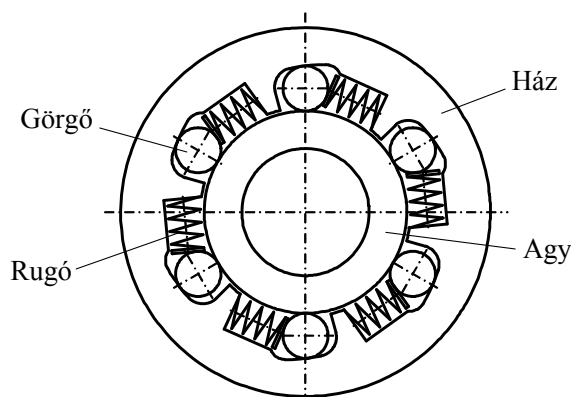
Bihari Zoltán, Miskolci Egyetem
Dr. Szepte József, PhD, Miskolci Egyetem

ABSTRACT

The roller freewheels are typically used in automotive starters, so-called Bendix drives. During the investigation we had controlled the operating conditions of second-hand and new mechanisms. We had improved the occasion, that the roller freewheels could work without built-in springs. The goal of this paper is to find out, whether the built-in springs have another hidden functions for the safe operation. We would like to know, whether there is any possibility to use this mechanism without springs.

1. BEVEZETÉS

A gépjármű indítómotorok feladata az, hogy a belsőégésű motort az indításhoz szükséges forgattyústengely-fordulatszámmal megforgassák. A hajtás egyik eleme egy forgásiránykapcsoló tengelykapcsoló (1. ábra). Ennek a szerkezetnek az a feladata, hogy a nyomatékot a hajtott oldalra továbbítsa, a hajtott oldalt megforgassa, majd a belsőégésű motor beindulását követően, amikor a hajtott oldal fordulatszáma meghaladja a hajtótét, oldja a kapcsolatot.



1. ábra. Görgős szabadonfutó

Egy korábbi dolgozatban [6] ezen tengelykapcsolók egyik típusának – külső csillagkeres görgős szabadonfutó – működését alapvetően befolyásoló jellemzőket határoztunk meg. Egy olyan módszer került bemutatásra, amelynek segítségével egy ilyen szerkezet rekonstrukciója elvégezhető. Az elemzéskor számos szabadonfutó szerkezet (4 görgős, 5 görgős és 6 görgős kivétel) működését valós darabon is megvizsgáltuk. A kutatás során ellenőriztük mind használt, mind új szerkezetek működési feltételeit. Mindezen ismeretek birtokában azt a következtetést vontuk le, hogy a szabadonfutókba beépített rugók eltávolítását követően is működőképesek a szerkezetek. A szakirodalom, valamint a felújítással foglalkozó vállalatnál tett látogatáskor kapott információ szerint a rugók feladata az, hogy a görgőket működési pozícióban tartsák. Tapasztalat szerint a szabadonfutás üzemállapotban a súrlódó nyomaték lényegesen nagyobb abban az esetben, ha a rugókkal ellátott szerkezetet vizsgáljuk. A nagyobb súrlódó nyomaték intenzívebb kopást is eredményez ebben az üzemállapotban.

Ennek a dolgozatnak a célja annak kiderítése, hogy a szerkezetbe épített rugóknak van-e valamilyen egyéb szerepük a biztonságos működés szempontjából, illetve a szerkezetet egyszerűbbé téve van-e lehetőség rugó nélküli változat alkalmazására.

2. A SZABADONFUTÓ PARAMÉTEREI

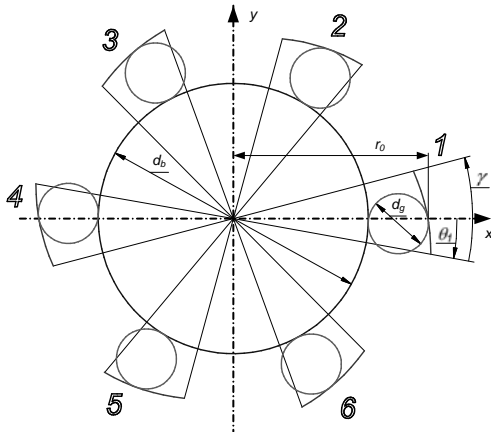
A vizsgálathoz az előzőekben matematikai úton leírt logaritmikus spirálist alkalmazzuk, a valós darabról lemért görgő és agy átmérő felhasználásával. A továbbiakban d_g a görgő átmérőjét, d_b az agy átmérőjét, a β szög pedig az érintő szögét jelöli. A paraméterek ismeretében meghatározható a logaritmikus spirális egyenlete:

$$r = r_0 \cdot e^{-\theta \cdot \text{ctg } \beta}, \quad (1)$$

A már ismert jelöléseken kívül θ a logaritmikus spirális paramétere polár-koordinátás alakban, r_0 a logaritmikus spirális kezdeti pontjához tartozó sugár-

ra. Az egyenlet felhasználásával megrajzolható görbe esetén meg kell határozni a logaritmikus spirális működés szempontjából hasznos tartományát.

A felvett logaritmikus spirális szakaszt 60°-okkal elforgatva a középpont körül megkapjuk a szabadonfutó csillagkerékének profiljait. Ezeket rendre $j = 1-6$ -ig számokkal jelöljük. A továbbiakban ezekkel a számokkal hivatkozunk az egyes ívek paramétereire.



2. ábra. Alapparaméterek jelölése

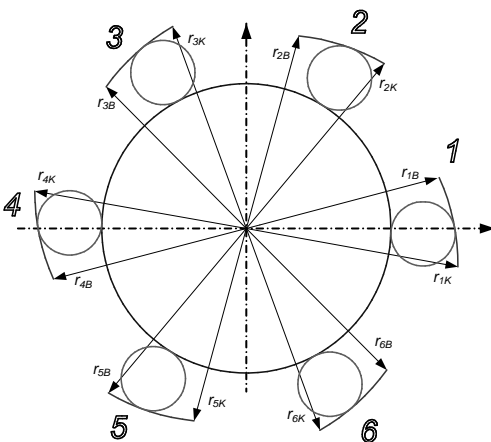
A 2. ábra szerinti logaritmikus spirális ívek külső – legnagyobb sugárhoz tartozó – pontjait az x-y koordináta-rendszerben a következő összefüggésekkel írhatjuk föl:

$$x_{jK} = r_K \cdot \cos\left(\theta_1 + \frac{(j-1) \cdot \pi}{3}\right),$$

$$y_{jK} = r_K \cdot \sin\left(\theta_1 + \frac{(j-1) \cdot \pi}{3}\right). \quad (2)$$

A képletekben szereplő „ r_K ” értéke a 2. ábra, valamint az alábbi összefüggés szerint számítható:

$$r_K = r_0 \cdot e^{-\theta_1 \cdot \text{ctg } \beta}. \quad (3)$$



3. ábra. Logaritmikus spirális külső és belső pontjai

A „K” index a külső pontokra utal, a későbbiekben bevezetett „B” index pedig a belső pontok jelölésére szolgál. A logaritmikus spirális szakaszok belső pontjai a 3. ábra jelölésével:

$$x_{jB} = r_B \cdot \cos\left(\theta_1 + \gamma + \frac{(j-1) \cdot \pi}{3}\right),$$

$$y_{jB} = r_B \cdot \sin\left(\theta_1 + \gamma + \frac{(j-1) \cdot \pi}{3}\right). \quad (4)$$

3. A GÖRGŐK SZÉLSŐ HELYZETÉNEK KOORDINÁTÁI

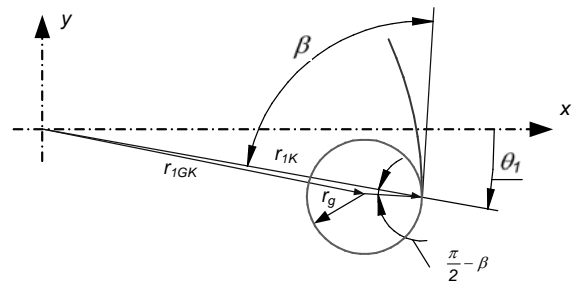
A gyakorlati és számítógépes szimulációs vizsgálatok tanúsága szerint a szerkezet működtetése során a görgők nem mindig ugyanabban a pontban kapcsolódnak. Egy bizonyos szakaszon belül tetszőlegesen és véletlenszerűen vándorolhatnak a profilgörbe mentén. Ennek az a következménye, hogy az agy középpontja elmozdul az eddig ideálisnak tekintett X-Y koordináta-rendszer középpontjából. A Solid Edge CAD rendszerrel végzett mozgás-szimulációs vizsgálatok kimutatták, hogy:

- a görgők által felvett kapcsolódási pozíciók egy kétváltozós függvény szerint írhatók le (geometriai kényszerek lekötése után 2 szabadon maradt szabadságfok);
- a legnagyobb középpont eltolódás akkor valósul meg, ha az egyik tetszőlegesen kiválasztott görgőt külső szélső pozícióban helyezzük el.

Válasszuk ki önkényesen az „1” görbe külső pontját, és ebben a pontban helyezzük el a görgőt. A görgő középpontja ekkor a 4. ábra alapján az alábbiak szerint alakul:

$$x_{1GK} = x_{1K} - r_g \cdot \cos\left[\theta_1 + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\right],$$

$$y_{1GK} = y_{1K} - r_g \cdot \sin\left[\theta_1 + \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\right]. \quad (5)$$

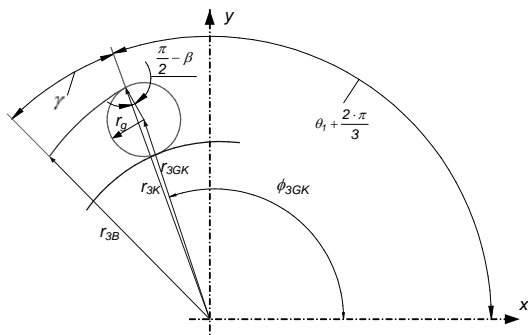


4. ábra. „1” jelű görgő középpontjának koordinátái a külső pontban

Az így kapcsolódási pozícióba hozott görbével a leköthető szabadságfokok száma 1-re csökkent. Ezt követően válasszunk egy másik görbét tetszőlegesen. Legyen ez a görbe önkényesen a „3” jelű. Helyezzünk el egy görgőt ennek a profilnak ugyancsak a külső pontján. A görgő középpontjának koordinátái:

$$x_{3GK} = x_{3K} - r_g \cdot \cos \left[\left(\theta_1 + \frac{2 \cdot \pi}{3} \right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right],$$

$$y_{3GK} = y_{3K} - r_g \cdot \sin \left[\left(\theta_1 + \frac{2 \cdot \pi}{3} \right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right]. \quad (6)$$

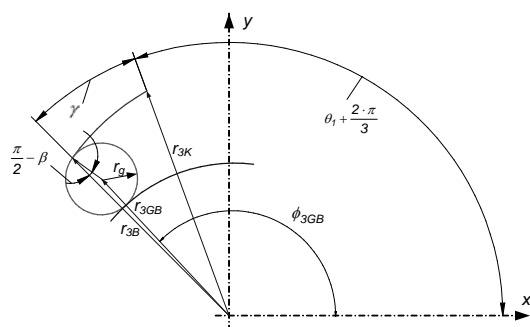


5. ábra. „3” jelű görgő középpontjának koordinátái a külső pontban

Amennyiben a „3” jelű görbén a belső ponton helyeznénk el a görgőt, a koordináták az alábbiak szerint alakulnának:

$$x_{3GB} = x_{3B} - r_g \cdot \cos \left[\left(\theta_1 + \gamma + \frac{2 \cdot \pi}{3} \right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right],$$

$$y_{3GB} = y_{3B} - r_g \cdot \sin \left[\left(\theta_1 + \gamma + \frac{2 \cdot \pi}{3} \right) + \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right]. \quad (7)$$



6. ábra. „3” jelű görgő középpontjának koordinátái a belső pontban

4. A KÖZÉPPONT-ELTOLÓDÁS MÉRTÉKE

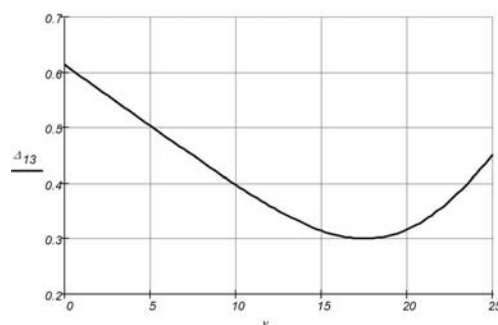
A továbbiakban a feladat annak meghatározása, hogy ha a „3” jelű görbén a kapcsolódási pontot r_{3GK} és r_{3GB} sugarak között (ϕ_{3GK} és ϕ_{3GB} szögek között) tetszőlegesen kis lépésként „vonszol-

juk”, akkor a maradék négy görgőt (2; 4; 5; 6) el tudjuk-e helyezni a szabadonfutó szerkesztett vázlatán a következő feltételek szerint:

- a görgők érintőlegesen csatlakozzanak mind az agy, mind a profilt jelképező ívekhez;
- a görgők érintkezési pontja a megadott γ szöggel jellemzett szakaszon belül helyezkedjen el.

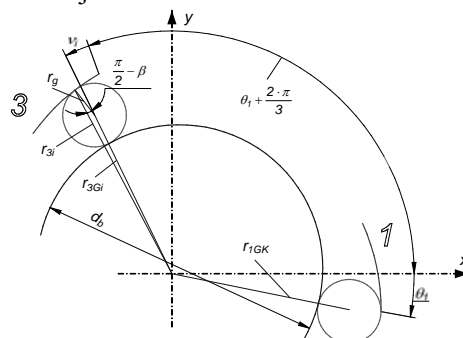
Azt a ϕ szöveget, amely esetén mind a négy görgő a megadott feltételeknek megfelelően elhelyezhető, a továbbiakban kedvező megoldásnak tekintjük. Végigpásztázva a kérdéses szakaszt, meg kell határozni a kedvező megoldások közül az agy elméleti középpontához képest történő eltolódásának mértékét. Ezek közül a legnagyobb érték fogja megadni azt a radiális irányú lehetséges egytengelyűségi hibát, amely a vizsgált szabadonfutó szerkezetben egy kapcsolódás során maximálisan megvalósulhat.

„i” lépésközzel végigpásztázva a ϕ_{3GK} és ϕ_{3GB} szögek közötti kérdéses tartományt, a Δ_{13} (agy középpont eltolódás mértéke) a v (aktuális vizsgálati szög) függvényében diagramban megjeleníthető (7. ábra).



7. ábra. A középpont-eltolódás a v függvényében

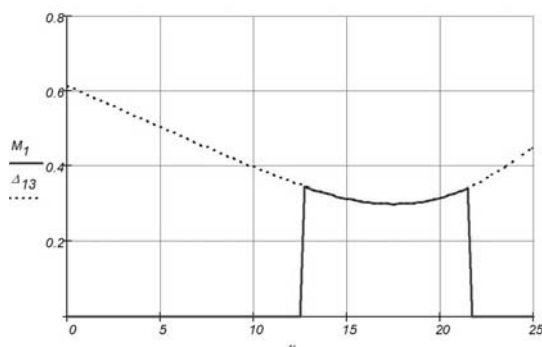
A v aktuális vizsgálati szög értelmezését a 8. ábra mutatja.



8. ábra. A görgő érintkezési pontja az i -dik lépésben

Ahhoz azonban, hogy megállapíthassuk a Δ_{13} eltolódásból a lehetséges értékek maximumát, a 7. ábra szerinti diagramból ki kell szűrni azokat a megoldásokat, amelyek valóban megvalósul-

hatnak. Kiegészítve a vizsgálatot ezzel az új feltétellel, az alábbi 9. ábra szerinti diagramhoz jutunk. Az M_1 függvény a lehetséges kedvező megoldásokat szemlélteti. A Mathcad szoftverrel megírt program szerint az M_1 függvény értéke a Δ_{13} –al egyenlő abban az esetben, ha kedvező megoldást találtunk, egyébként a függvény értéke 0. A 9. ábra szerinti diagramban a szaggatott vonallal a Δ_{13} középpont eltolódást, a folytonos vonallal pedig az M_1 kedvező megoldás függvényét jelöltük.



9. ábra. A középpont-eltolódás mértéke és a kedvező esetek a v függvényében

Ennek a függvénynek a maximális értékét meghatározva megkapjuk azt a középpont-eltolódást, amely egy kapcsolódás során véletlenszerűen létrejöhet. Ez a forgásirány-kapcsoló agy és ház között kialakuló legnagyobb egytengelyűség-hibát jelenti abban az esetben, ha a kezdeti feltételnek megfelelően a szerkezetbe rugókat nem építünk be.

Konkrét esetre vonatkozóan elvégezve a számításokat ennek értéke:

$$C = 0,346 \text{ mm} . \quad (8)$$

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A számérték nagyságrendje figyelemre méltó abban a vonatkozásban, hogy az agy tulajdonképpen a kapcsolódó fogaskerékpár egyik tagja. Tapasztalat szerint gépészetileg elfogadható fogkapcsolódás ilyen mértékű tengelytáv-szórás esetén nem jöhet létre.

A rugók szerepe [2] szerint csupán az, hogy a szabadonfutóba épített görgőket kapcsolódási pozícióban tartsák. Az általuk kifejtett rugóerők a szerkezet működését számottevően nem befolyásolják. Valóban, az erőzáró kapcsolat megvalósul beépített rugók nélkül is.

Jelen vizsgálat azonban rámutatott a rugók egy másik, eddig rejtett funkciójára is: a beépített rugók közelítőleg ugyanakkora rugóerőt fejte-

nek ki a görgőkre. Ezzel biztosítják azt, hogy egyik görgő sem tud a többitől túlságosan eltérő kapcsolódási pozíciót felvenni. A feltételezés, mely szerint egy tetszőleges görgő az adott logaritmikus spirális szakasz egy szélső pontján kapcsolódik, csak rugó nélküli szerelésben jöhet létre. A rugók hatására a szabadonfutás üzemállapotban jelentős sűrűlő nyomaték ébred. Ez hosszabb távon káros melegekedést eredményez, és adott esetben a szerkezet károsodásához vezet. Normál üzemi viszonyok között azonban a rugók biztosítják a csillagkerék és az agy olyan mértékű egytengelyűségét, mely az agy részeként kialakított fogaskerék és a gépjármű lendítőkerekén lévő fogaskoszorú megfelelő kapcsolódását biztosítja.

A rugóval szerelt egység egytengelyűsége csak mérésrel határozható meg pontosan. A nagyságrendekkel kisebb mértékű, maradó radiális irányú ütés a csillagkerék és az agy között ezekben a szerkezetekben konstrukciós okok miatt nem szüntethető meg, ezért [3] szakirodalomban – az egytengelyűség biztosítása érdekében – golyóscsapágyakkal kombinált konstrukciókat találunk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

IRODALOM

- [1] STÖLZLE, K. – HART, S.: Freilaufkuppungen. Springer Verlag, Berlin, 1961.
- [2] TERPLÁN, Z. – NAGY, G. – HERCZEG, I.: Különleges tengelykapcsolók. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971. p. 689-709.
- [3] FÜZI E.: Tengelykapcsolók, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [4] Г. КОРН, Т. КОРН: Справочник по математике для научных работников и инженеров, Наука, Москва, 1984.
- [5] SZENTE J. – BIHARI Z.: Szabadonfutó tengelykapcsolók vizsgálata. Gép, LVI évfolyam, 11-12. szám, 2005. p. 161-166.
- [6] BIHARI Z. – SZENTE J.: Különleges profilú gépelemek geometriai rekonstrukciója, Miskolci Egyetem Közleményei (Interdiszciplináris tudományok), 1. kötet, 1. szám, Miskolci Egyetemi kiadó, 2011. p. 143-150.