

# GÖRGŐS SZABADONFUTÓK TEHERBÍRÁSA

## LOAD CAPACITY OF ROLLER FREEWHEELS

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

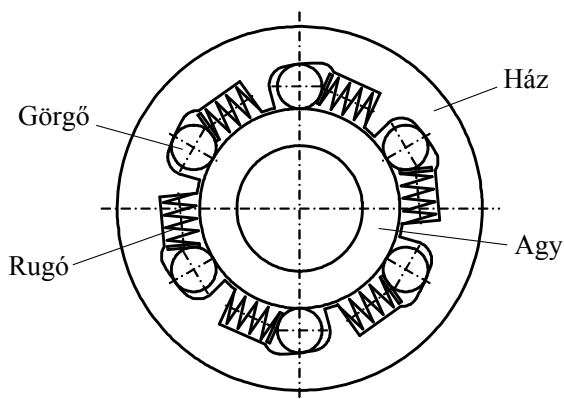
### ABSTRACT

The task of the starter motors is to rotate the combustion engines to the necessary rotational speed. An element of the mechanism is a free running clutch. It has two functions. The first one is the torque transmission from the driving member to the driven shaft, and to speed up the combustion engine. The other function is to disconnect the elements, when the combustion engine has been already turned over, and the driven shaft rotates faster than the driver.

The goal of this paper is to investigate those forces, which influence the operation of the mechanism. The paper points out the fact, that there is a critical centrifugal force, which causes the slip of roller freewheels.

### 1. BEVEZETÉS

A szabadonfutók olyan forgásirány kapcsoló tengelykapcsolók, melyek csak az egyik irányban képesek nyomatékot továbbítani. A széles típusválaszték közül vizsgálataink a görgős szabadonfutókra, azon belül is a külső csillagkeres görgős szabadonfutókra vonatkoznak.



1. ábra. Görgős szabadonfutó

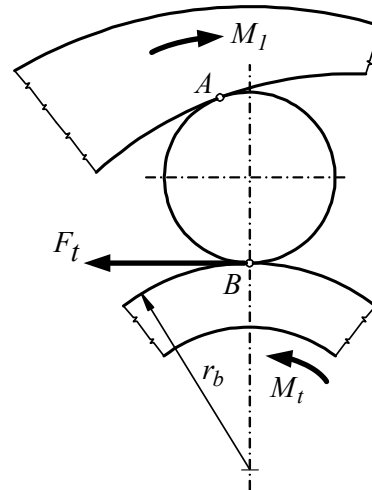
Ennek a típusnak a legismertebb alkalmazási területe a gépjárműipar. A belsőégésű motorok indítását egy villamos motor, nevezetesen az indítómotor végzi. A feladata az, hogy a belsőégésű motort az indításhoz szükséges fordulatszámmal megforgassa. A hajtás egyik eleme a forgásirány-kapcsoló tengelykapcsoló.

Fő funkciója, hogy a belsőégésű motor beindulását követően oldja a kapcsolatot, megvédve az indítómotort a károsodástól. Az 1. ábrán a külső csillagkeres görgős szabadonfutó vázlat látható.

A tengelykapcsoló működését a 2. ábra szemlélteti. Kapcsolás üzemállapotban a ház a hajtó elem, mely az  $M_I$  nyomatékkal jelölt irányba forog. Az egyensúlynak megfelelően az agyon a terhelőnyomaték ( $M_t$ ) ugyancsak  $M_I$  nagyságú, de a hajtónyomatékkal ellentétes irányú.  $M_I$  az egyetlen görgőt terhelő nyomaték. A görgők között egyenletes teherviselést feltételezve

$$M_I = \frac{M}{z}, \quad (1)$$

ahol  $M$  a kapcsoló terhelőnyomatéka,  $z$  a görgők száma.



2. ábra. A görgős szabadonfutó működési elve

A nyomatékból az egymással érintkező görgő és agy között  $F_t$  kerületi erő (súrlódó erő) keletkezik:

$$F_t = \frac{M_t}{r_b}. \quad (2)$$

A kerületi erő a görgőt a szűkülő részbe szorítja mindaddig, amíg a kerületi erő kisebb, mint a súrlódási ellenállás, azaz

$$F_t < F_s. \quad (3)$$

A kapcsoló működésének feltétele tehát az önzárás. Ha a (3) egyenlőtlenség nem teljesül, vagyis a kapcsoló nem önzáró, akkor az agy a görgőn megcsúszik, és a tengelykapcsoló nem képes teljesíteni a feladatát.

A súrlódási ellenállás

$$F_s = \mu F_n \quad (4)$$

összefüggésből számítható, ahol  $\mu$  a súrlódási tényező,  $F_n$  a felületeket összeszorító erő, a normálerő.

Átalakítva a (3) összefüggést, a működés feltételére az alábbi egyenlőtlenséget kapjuk:

$$\tan \alpha < \mu. \quad (5)$$

Az összefüggésben szereplő  $\alpha$  kapcsolószög, illetve a  $2\alpha$  zárószög a geometria egyik legfontosabb paramétere. Zárószögnek nevezük a 2. ábra szerinti „A” és „B” érintkezési pontokba húzható érintők szögét.

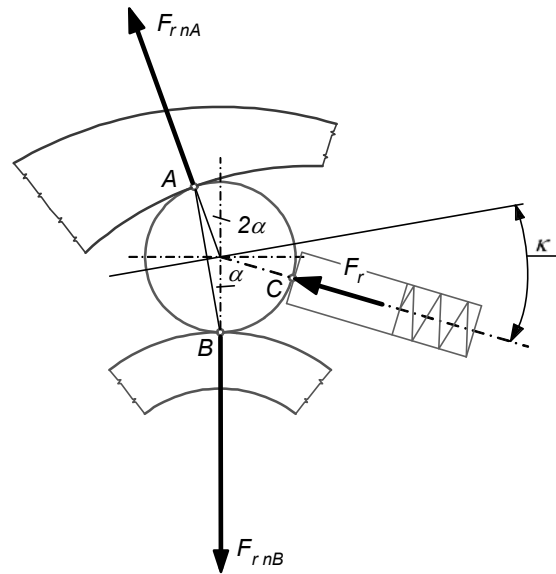
(5) alapján megállapítható, hogy a görgős szabadonfutó kapcsolás üzemmódban való működését csak az  $\alpha$  kapcsolószög és a  $\mu$  súrlódási tényező viszonya határozza meg, a működés független a terhelés nagyságától. Természetesen ez a kijelentés csak üzemszerű körülmények között igaz, a kapcsoló túlterhelése megcsúszáshoz, illetve a szerkezet tönkremeneteléhez vezethet. Hogy ez ne következhesen be, ismernünk kell a biztonságos működéshez tartozó névleges nyomatókot, illetve a szerkezet elemeit terhelő erők nagyságát.

## 2. ERŐHATÁSOK VIZSGÁLATA

A görgős szabadonfutó elemeire ható súrlódó erő, valamint normálerő nagyságát befolyásolja a szerkezet forgása miatt fellépő centrifugális erő, valamint a beépített rugók által kifejtett rugóerő. Precíz számításokkal kimutatható, hogy bizonyos esetben ezek hatással lehetnek a kapcsoló működésére, így a kapcsoló méretezésekor ezeket minden esetben meg kell vizsgálni.

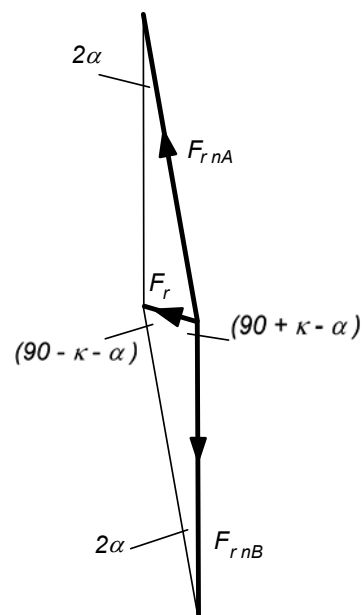
### 2.1. Rugóerő

A beépített állapotban fellépő rugóerő mérésrel vagy számítással határozható meg. Egy görgő elrendezését és a rugóerő hatásvonalát a következő, 3. ábra mutatja.



3. ábra. A rugóerő hatása

Az ábra szerinti beállításnak megfelelően, a vízszintessel  $\alpha$  szöget bezáró hatásvonal lenne erőátadás szempontjából az egyszerűbb, szimmetrikus eset. Ilyenkor ugyanis a rugóerő ugyanolyan mértékben hatna az „A” pontbeli, mint a „B” pontbeli érintkezésre. Ezt a tervezői szemmel ideálisnak tekinthető állapotot azonban csak a szerkezet jelentős méretnövekedése árán lehetne megvalósítani. Ezért az  $F_r$  rugóerő hatásvonala ettől az iránytól  $\kappa$  szöggel eltér. Ez a szög a geometriáról szintén elfogadható pontossággal lemérhető.



4. ábra. Rugóerő erőegyensúlya

Az így felvett erőábra szerint a rugóerő különböző mértékben terheli az „A” és „B”

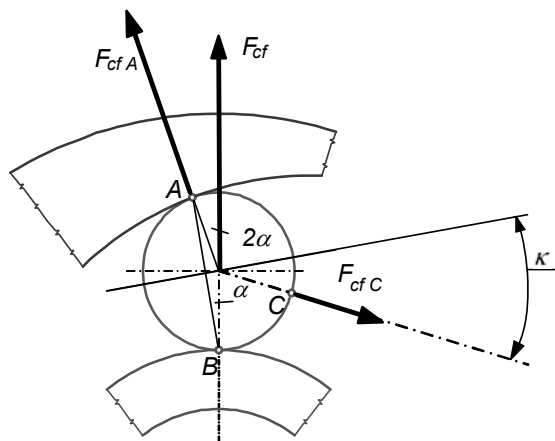
pontokat. A 4. ábra erőegyensúlyára alkalmazva a szinusz-tételt, az „A” és „B” pontban ható normális irányú erő-növekmény az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$F_{r_{nA}} = F_r \cdot \frac{\cos(\kappa - \alpha)}{\sin 2\alpha}, \quad (6)$$

$$F_{r_{nB}} = F_r \cdot \frac{\cos(\kappa + \alpha)}{\sin 2\alpha}. \quad (7)$$

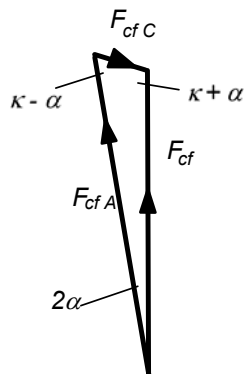
## 2.2. Centrifugális erő

A forgást végző szabadonfutóban elhelyezett görgőkre a fordulatszám négyzetével arányos centrifugális erő hat. Ez az erő próbálja a görgőt egyrészt kifelé röpíteni, ezzel a csillagkerékhöz szorítva és növelve a felületek közötti összeszorító erőt, másrészt csökkenteni a rugóerő hatását.



5. ábra. A centrifugális erő hatása

A centrifugális erőt, illetve annak komponenseit az 5. ábra szemlélteti. E szerint a centrifugális erő – a rugóerőhöz hasonlóan – az „A” pontban ébredő normál irányú erőt egy  $F_{cfA}$  komponenssel növeli, az  $F_{cfC}$  komponens pedig a rugóerővel ellentétesen hat.



6. ábra. Centrifugális erő erőegyensúlya

A 6. ábra erőegyensúlya alapján a felbontott centrifugális erő két összetevője felírható:

$$F_{cfA} = F_{cf} \cdot \frac{\cos(\kappa - \alpha)}{\cos(\kappa + \alpha)}, \quad (8)$$

$$F_{cfC} = F_{cf} \cdot \frac{\sin 2 \cdot \alpha}{\cos(\kappa + \alpha)}. \quad (9)$$

Az  $F_{cf}$  centrifugális erő az alábbiak szerint számítható:

$$F_{cf} = m_g \cdot (r_b + r_g) \cdot \left[ \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right]^2. \quad (10)$$

A már ismertetett jelöléseken túl a fenti összefüggésben az  $m_g$  a görgő tömege *kg* egységben, az  $r_b$  az agy sugara *m*-ben, az  $r_g$  a görgő sugara ugyancsak *m*-ben, az  $n$  pedig a fordulatszám *1/min* mértékegységben.

## 3. MŰKÖDÉSI FELTÉTEL

A megfelelő működés [1] szerint csak akkor garantált, ha az  $F_r$  rugóerő minden esetben nagyobb, mint a centrifugális erő rugóerő irányú ( $F_{cfC}$ ) komponense. Ez azt jelenti, hogy létezik egy határ fordulatszám, amelyet a kifogástalan működés érdekében egy konkrét konstrukció esetén nem szabad meghaladni. Amennyiben az

$$F_{cfC} \leq F_r \quad (11)$$

feltétel forgás közben nem teljesül, a centrifugális erő az „A” pont körül a görgőt kiforgatja a szűkülő résből. Ekkor a „B” pontbeli görgő-agy érintkezés megszűnik, amely a szabadonfutó megsúszását eredményezi. Ekkor az ún. stick-slip jelenség játszódik le. Az  $F_{cfC} > F_r$  miatt a görgő összenyomja a rugót. A rugóerő megnő, és visszatéríti a görgőt eredeti helyzetébe. Mivel közben a rugóerő lecsökken, a jelenség ismétlődik.

A centrifugális erő és a rugóerő felhasználásával, a jelzett pontokban ható tényleges nyomóerők:

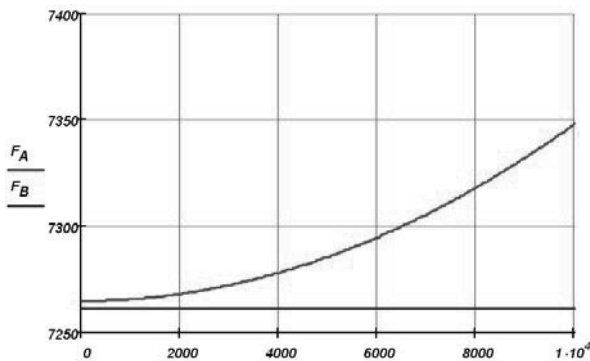
$$F_A = F_n + F_{r_{nA}} + F_{cfA}. \quad (12)$$

$$F_B = F_n + F_{r_{nB}}. \quad (13)$$

$$F_C = F_r + F_{cfC}. \quad (14)$$

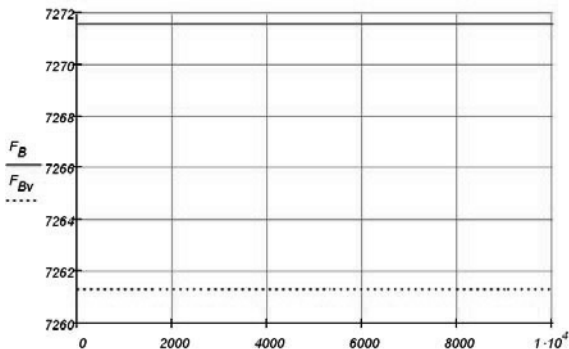
Az összefüggésekben szereplő  $F_n$  normál erő, a működésből adódó és  $M$  terhelőnyomaték alapján számítható, felületeket összeszorító nyomóerő.

Egy konkrét szabadonfutó esetében a számítást elvégezve a jelzett pontokon a fordulatszám függvényében a tényleges, felületeket összeszerítő erő ábrázolható.



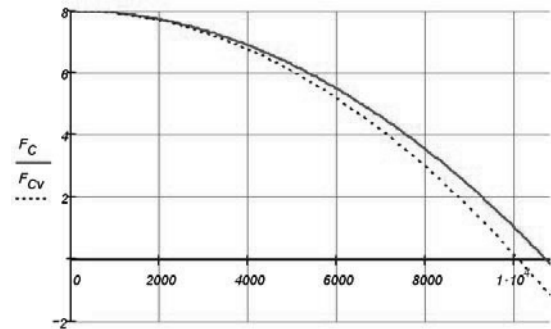
7. ábra. Az „A” pontra ható normálerő változása a fordulatszám függvényében

A 7. ábra az „A” pontra ható  $F_A$  nyomóerőt mutatja az  $n$  fordulatszám függvényében. A fordulatszámot  $l/min$ , az erőt  $N$  egységben adtuk meg. Eszerint a rugóerő, valamint a centrifugális erő növeli az eredeti normál irányú erőt. Nagyságrendje viszont olyan, hogy gépjármű indítómotorok esetén hatása elhanyagolható. A „B” pontban ható normálerő esetén hasonló megállapítást tehetünk, azzal a megjegyzéssel, hogy a „B” pontra a centrifugális erőnek, így a fordulatszám változásának hatása nincs.



8. ábra. A „B” pontra ható normálerő változása a fordulatszám függvényében

A „C” pontban ható normálerő változásnak egy bizonyos fordulatszám felett van jelentősége, ahol a centrifugális erő rugóerő irányú komponense ( $F_{cf}$ ) kompenzálja a rugóerő ( $F_r$ ) hatását. Ez a fordulatszám az ábráról leolvasható, értéke  $n = 10080 [l/min]$ . Ezen fordulatszám felett várható az előzőekben említett stick-slip jelenség. Ez nem tekinthető üzemszerű állapotnak, a tengelykapcsoló ekkor már nem képes ellátni a feladatát.



9. ábra. A „C” pontra ható normálerő változása a fordulatszám függvényében

#### 4. ÖSSZEGZÉS

Megvizsgáltuk a gépjármű indítómotorokban alkalmazott külső csillagkeres görgős szabadonfutók erőjátékát. Ennek eredményeképpen megállapítást nyert, hogy konkrét geometriai és terhelési adatok ismeretében meghatározható egy olyan kritikus fordulatszám, amely felett a centrifugális erő kompenzálja a rugóerő hatását. Ilyen esetben a szabadonfutóba épített görgőket a rugók már nem képesek kapcsolódási pozícióban tartani, a szerkezet megcsúszik.

A vizsgálatot gépjármű indítómotorok szabadonfutóira kiterjesztve megállapítást nyert, hogy azok fordulatszáma minden esetben ezen kritikus fordulatszám érték alatt marad. Ezért az indítómotorokba épített görgős szabadonfutók esetében a centrifugális erő, valamint a rugóerő nagyságának a működésre nincs számottevő hatása.

#### IRODALOM

- [1] Stölzle, K. – Hart, S.: Freilaufkupplungen. Springer Verlag. Berlin, 1961.
- [2] Terplán, Z. – Nagy, G. – Herczeg, I.: Különleges tengelykapcsolók. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1971. p. 689-709.
- [3] Szente J. – Bihari Z.: Szabadonfutó tengelykapcsolók vizsgálata. Gép, LVI évfolyam, 11-12. szám, 2005. p. 161-166.
- [4] Niemann, G. – Winter, H.: Maschinen-elemente. Band III. Springer Verlag. 1983. p. 270-290.

#### 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.