

CSAPÁGY- KÖLTSÉGFÜGGVÉNYEK TENGELYEK CSAPÁGYAZÁSÁNAK OPTIMÁLÁSÁHOZ

BEARING COST FUNCTIONS FOR THE OPTIMIZATION OF AXIS-BEARING SYSTEMS

Szabó Ferenc János, PhD, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Tanszék

ABSTRACT

Optimum design of several constructions, such as bearing- axis systems needs the mathematical representation of cost functions (which could be an important element, the objective function of the optimization), in an easy- to- handle form, which helps the build-up of the computer code of the optimum searching algorithm.

In this paper the bearing cost functions are approximated by linear and exponential formula for further optimization process, in case of deep groove ball bearings, self aligning ball bearings, angular contact ball bearings, taper roller bearings and thrust ball bearings.

The presented approximate formulae for the bearing costs are very easy to programming and implement into an optimization algorithm.

1. BEVEZETÉS

A különböző konstrukciók, gépelemek, mint pl. a tengelycsapágyazások optimalizálásához elengedhetetlen a konstrukcióban szereplő elemek költségének, tömegének matematikai képletek formájában történő ismerete. Ezek a képletek teszik lehetővé, hogy elvégezzük a célfüggvény (ami leggyakrabban a szerkezet költsége, vagy a tömege) és a feltételek rendszerének felépítését, az optimalizációs algoritmus programozását.

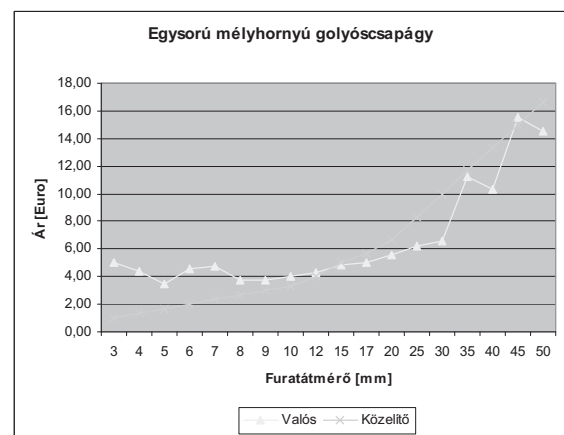
Ebben a cikkben lineáris és exponenciális közelítés alkalmazásával csapágy költségfüggvényeket mutatunk be, egysorosú mélyhornyú golyóscsapágy, radiális önbeálló golyóscsapágy, ferde hatásvonalú golyóscsapágy, egysorosú kúpörgős csapágy valamint axiális hornyos golyóscsapágy esetére. Az egyes költségfüggvényeket diagramban ábrázolva hasonlítjuk össze.

Az így nyert matematikai közelítő függvényeket nagyon könnyű programozni, ezért nagyban elősegítik majd egy optimumkereső program és algoritmus programjának kifejlesztését.

2. LINEÁRIS KÖZELÍTÉS

Az egyes csapágyak költségeit Euróban értjük, a későbbi optimalizások eredményeinek minél szélesebb körű, esetleg nemzetközi felhasználhatósága érdekében. Az adatokat internetes kutatások során, több különböző gyártó és forgalmazó közzétett adataiból állítottuk össze. A költségeket a csapágy furat- átmérőjének (a hozzá való tengelyátmérő) függvényében adjuk meg. A rendelkezésre álló adatok, csapágy sorozatok sajátossága, hogy a furatátmérő változása egy sorozaton belül nem egyenletes, kimaradnak bizonyos átmérő értékek, amit a görbék értelmezésekor figyelembe kell venni. (Néha a görbék kissé torzulnak). Az egyes közelítő függvényeknek a képletét is és a diagramját is megadjuk.

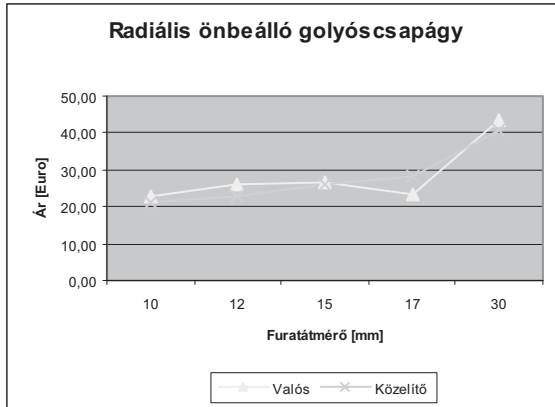
a. Egysorosú mélyhornyú golyóscsapágy



1. ábra. Egysorosú mélyhornyú golyóscsapágy lineáris költségfüggvénye

A lineáris költségfüggvény egyenlete: $K = d/3$, ahol d a csapágy furatátmérőjének értéke euróban értve. Az 1. ábrán látható, hogy lineáris közelítés esetén kb. 8 és 30 mm furatátmérő között jónak minősíthető a közelítés, de 8 mm alatt vagy 30 fölött már gyengébb a közelítés jósága, mivel ott az adatok jobban szóródnak.

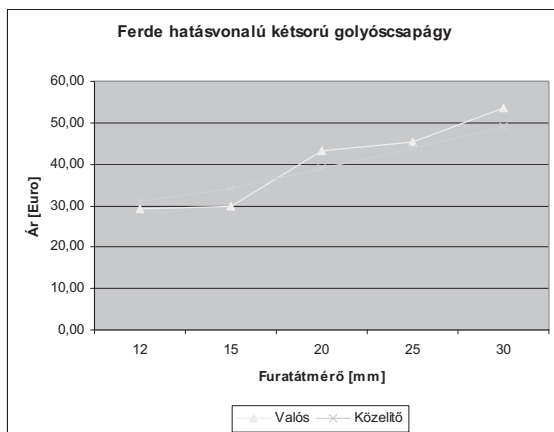
b. Radiális önbeálló golyóscsapágó



2. ábra. Radiális önbeálló golyóscsapágó, lineáris közelítéssel

A 2. ábrán látható, hogy a lineáris közelítés elégedően jól írja le a költségfüggvényt, tehát jól alkalmazható lesz a további optimalálás során. A költségfüggvény lineáris egyenlete: $K = d + 11$.

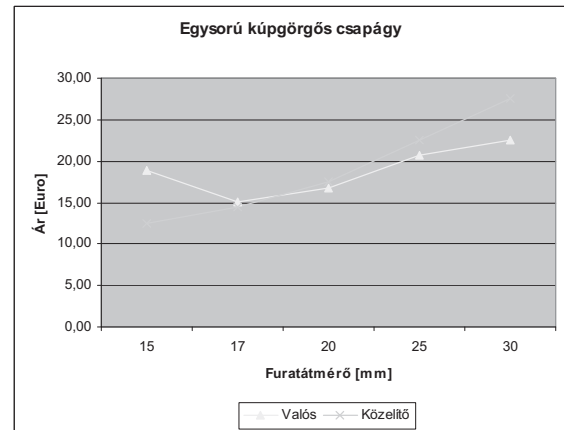
c. Ferde hatásvonalú golyóscsapágó



3. ábra. Ferde hatásvonalú golyóscsapágó, lineáris közelítés

A 3. ábra alapján a lineáris közelítés a ferde hatásvonalú kétsorú golyóscsapágó esetén is kielégítően jónak minősíthető, alkalmas a további optimaláláshoz való használatra. A csapágó lineáris költségfüggvényének egyenlete: $K = d + 19$.

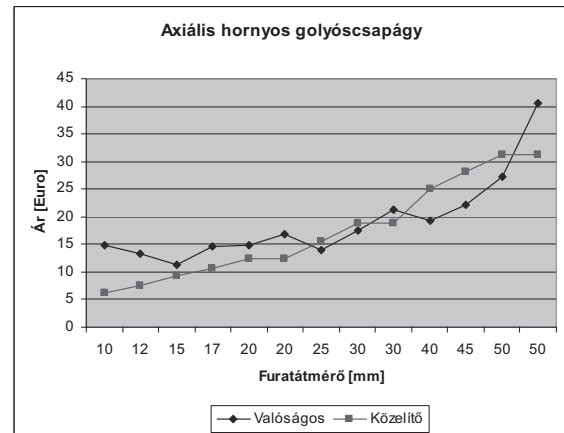
d. Kúpgörgős csapágó



4. ábra. Kúpgörgős csapágó költségfüggvényének lineáris közelítése.

A 4. ábrán látható, hogy a lineáris közelítés a 17 mm furatátmérőnél kisebb csapágóakra nem kielégítő. Itt célszerűnek látszik megvizsgálni az exponenciális közelítés jóságát is. A lineáris költségfüggvény egyenlete: $K = d - 2.5$.

e. Axiális hornyos golyóscsapágó



5. ábra. Axiális golyóscsapágó lineáris közelítésű költségfüggvénye

Az 5. ábrán látható, hogy a lineáris költségfüggvény- közelítés a 20 mm és 40 mm közötti furatátmérők esetére kielégítőnek látszik, ezen kívül eső átmérőkre változó minőségű közelítést ad. Szintén érdemes lesz megvizsgálni az exponenciális görbével történő közelítést is. A lineáris közelítő egyenlet: $K = 0.625 * d$.

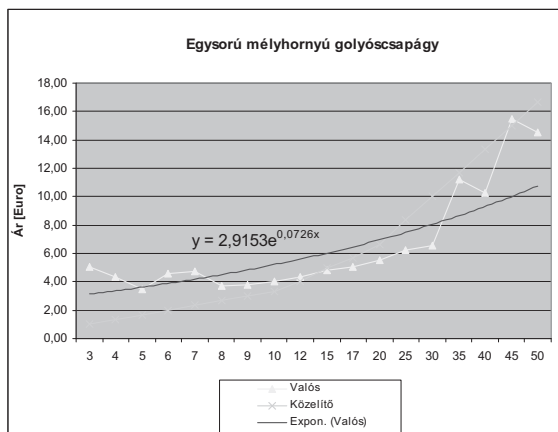
A lineáris közelítésű költségfüggvények tehát bizonyos esetekben kielégítő minőségű közelítést adnak, előnyük, hogy nagyon egyszerű egyenletekkel felírhatók. Bizonyos

csapágytípusok esetén a közelítés jósága csökken, sőt néhány átmérő esetén nem kielégítő minőségű, ezért megvizsgáljuk az exponenciális görbével történő közelítést is.

3. A KÖLTSÉGFÜGGVÉNY KÖZELÍTÉSE EXPONENCIÁLIS GÖRBÉVEL

Az exponenciális görbék mellett a lineáris közelítés görbét is meg hagyjuk, a könnyebb összehasonlítás végett. A közelítő exponenciális görbe egyenlete az ábrákban található.

a. Egysorú mélyhornyú golyóscsapágy

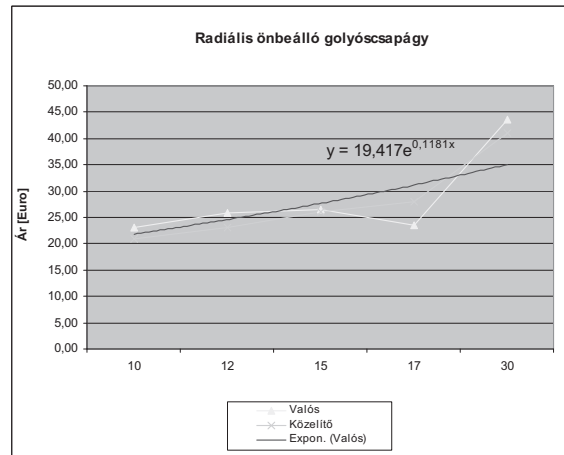


6. ábra. Egysorú mélyhornyú golyóscsapágy exponenciálisan közelített költségfüggvénye

A 6. ábra alapján a későbbi optimalizálásoknál az exponenciális görbével történő közelítést fogjuk alkalmazni egysorú mélyhornyú golyóscsapágyak költségfüggvényének közelítő felírásához, mivel a teljes furatátmérő tartományt tekintve jobbnak ítéltető a közelítés minősége.

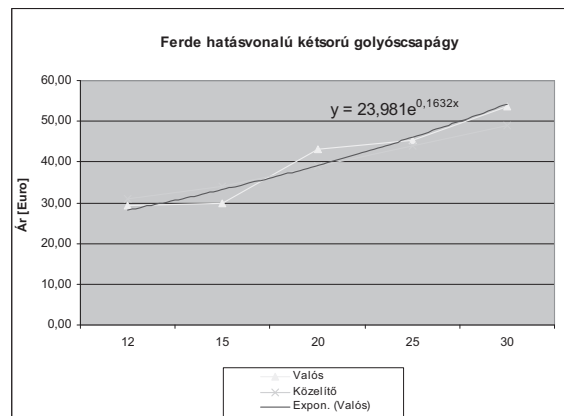
Radiális önbeálló golyóscsapágyak esetén a 7. ábra alapján a későbbi optimalizálások során jó közelítésnek bizonyul a lineáris költségfüggvény, tehát ehhez a csapágytípushoz a lineáris közelítést alkalmazzuk.

b. Radiális önbeálló golyóscsapágy



7. ábra. Radiális önbeálló golyóscsapágy, exponenciálisan közelítve

c. Ferde hatásvonalú golyóscsapágy

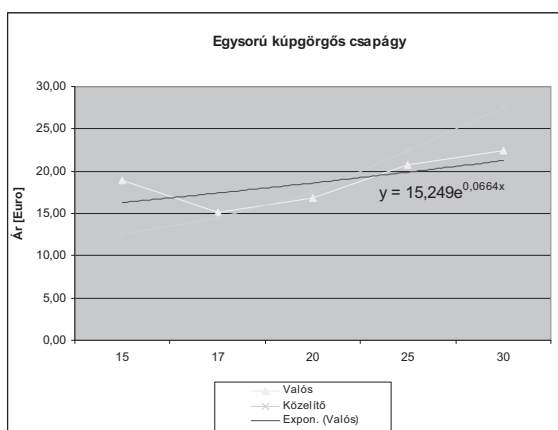


8. ábra. Ferde hatásvonalú golyóscsapágy, exponenciális görbével közelítve

A 8. ábra alapján mind az exponenciális, mind a lineáris közelítés kielégítő minőségű, így bármelyiket alkalmazhatjuk. Egyszerűsége miatt a későbbi optimalizálásoknál a lineáris közelítést fogjuk alkalmazni ehhez a csapágytípushoz is.

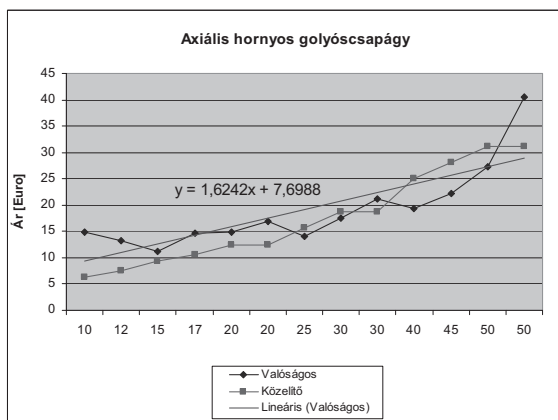
d. Kúpörgős csapágy

A 9. ábra görbéi alapján az exponenciálisan közelített költségfüggvény nyújt jobb minőségű közelítést a teljes furatátmérő tartományt nézve, ezért a későbbi optimalizálásoknál ehhez a csapágytípushoz exponenciális görbét alkalmazunk a célfüggvény közelítéséhez.



9. ábra. Kúpörgős csapágý exponenciálisan közelített költségfüggvénye

e. Axiális hornyos golyóscsapágý



10. ábra. Axiális golyóscsapágý exponenciális görbével közelített költségfüggvénye

A 10 ábra alapján az mondható el, hogy mindkét közelítési mód pontossága a teljes furatátmérő tartományt tekintve változó. 10 mm és 20 mm furatátmérő tartományban az exponenciális görbe ad jobb közelítést, 20 mm és 40 mm között a lineáris közelítés mutatkozik jobbnak, e fölötti furatátmérők esetén mindkét közelítés nem kielégítő eredményeket ad. Egyszerűsége miatt erre a csapágytípusra is a lineáris közelítést alkalmazzuk majd a jövőbeli optimumkeresésekhez.

4. KÖVETKEZTETÉS

Ötféle csapágý költségfüggvényét vizsgáltuk a csapágý furatátmérőjének függvényében, az egyszerűbb lineáris közelítéssel és exponenciális görbével való közelítéssel.

Az egyszerűbb lineáris közelítés több esetben is nagyon jó minőségű közelítést hozott, néha bizonyos átmérőtartományokban jobb közelítést adott, mint az exponenciális görbével történő közelítés.

Az exponenciális görbével való közelítés néhány helyen nagyon pontos egyezést adott, ám voltak olyan átmérő tartományok, ahol nem tudott jobb közelítést hozni, mint a lineáris közelítés, és olyan átmérőtartományok is vannak, ahol egyik közelítési mód sem ad kielégítően jó közelítést.

A közelítő görbék összehasonlításai alapján a jövőbeli optimalásokhoz egysorú mélyhornyú csapágýak és kúpörgős csapágýak esetén az exponenciális görbével történő közelítést, míg radiális önbeálló csapágý, ferde hatásvonalú csapágý és az axiális hornyos golyóscsapágý esetén a lineáris közelítést fogjuk használni.

5. IRODALOM

[1] SKF.: General catalogue. Carl Gerber GmbH, Germany, 1997.

[2] <http://www.conrad.hu>

[3] <http://ebthu.dyndns.org>

[4] <http://fag-csapagy.hu>

[5] <http://www.csapagy.whp.hu>

[6] <http://www.bede.hu>

6. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0002 jelű "Járműipari felsőoktatási és kutatási együttműködés" projekt részeként, az Új Széchenyi Terv keretében a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A szerző továbbá köszönetet szeretne mondani Kovács Kitti IV. éves Műszaki menedzser szakos hallgatónak, néhány ábra elkészítésében nyújtott segítségért.