FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1998. március 20-21.

A fogaskerekes hajtóművek zaj és rezgésállapotát befolyásoló tényezők (gördülőköri impulzus)

(szoftverfejlesztés)

Bihari Zoltán

Algorithm for the determination the impulse of rolling circle

For the reason, that different machines, driving-gears, could work long time, we had to service them systematically. It is essential point of view to decide the time of intervention into the operation of the machine. The best methode the systematic checking of the machine condition. We can solve this problem with the measuring of noise, vibration or temperature. Most often used the vibration measuring. As soon as the condition of the machine go wrong, the speed of the vibration grows. But, what is the reason of the vibration? We can trace the reason back to the connection of gears. It is developing some impulse during the connection. These are: Connection impulse, Impulse of rolling circle, Impulse of changing of the form, and so on. I would like to specialize on the impulse of rolling circle in this lecture. The reason of this impulse, the direction changing of the friction force at the "C" connection point.

A gépészetben az egyik leggyakrabban használt szerkezet a fogaskerekes hajtómű, amelynek feladata, hogy biztosítsa a kapcsolatot az erőgép és a munkagép között. Csoportosítva a fogaskerekes hajtásokat, beszélhetünk

- párhuzamos tengelyű,
- metsződő tengelyű,
- kitérő tengelyű hajtásokról.

A párhuzamos tengelyű hajtások hengeres kerekekkel valósíthatók meg, melyek készülhetnek

- egyenes,
- ferde, (nyíl),
- ívelt foghajlással.

Az egymást metsző tengelyek között kúpkérékpárok adják át a mozgást, amelyek szintén készülhetnek

- egyenes,
- ferde,
- és ívelt (kör, evolvens vagy epiciklois) fogirányvonallal.

A kitérő tengelyek között egyik megoldás a csigahajtás.

Nagyon sok alkalmazási területen az üzemeltetők ma már zajszegény hajtóműveket követelnek meg. Így a zajgarancia is bekerült a tervezési, gyártási feltételek közé. A zajt elsősorban a fogkapcsolódás okozza, melyből a rezgés primer testhangként a fogaskerekeken, tengelyeken és csapágyakon keresztül a hajtóműház falára adódik. Ez a rezgés léghangként a környezetbe sugárzik ki.

A fogaskerekes hajtóművek akusztikai forrásteljesítményét számos tényező határozza meg, s ezek a fogaskerekek kapcsolódására vezethetők vissza. A kapcsolódás során kialakuló impulzusok okozzák a fogazat rezgését. Ezek:

- kapcsolódási impulzus,
- gördülőköri impulzus,
- alakváltozási impulzus,
- hibaimpulzus.

A kapcsolódási impulzus az egyes fogpárok kapcsolódásba kerülésénél, ill. kilépésénél jelentkezik. A belépő fogpár a már kapcsolatban lévőket által hordott terhelés egy részét felveszi, így a keréktestnek a forgásiránnyal ellentétes tangenciális gyorsulást adnak. Mivel általános esetben a kapcsolószám $\varepsilon_\gamma > 1$, ezért az újonnan kapcsolódásba kerülő fog nekiütközik a másik fognak. Mindemellett a kapcsolódás kezdetén a relatív csúszási sebességkülönbség nem egyenlő nullával, ezért ez egy-egy impulzust jelent mindkét fogaskerékre nézve.

A gördülőköri impulzust a súrlódó erő irányának a főpontban történő megváltozása hozza létre. A kapcsolódási folyamat során a fogak egymáson elcsúsznak.

A fogak közötti csúszás a kapcsolódás kezdetén (A pont) és végén (E pont) éri el a maximális értéket, közben a főpontban (C pont) zérus. Ebben a pontban a csúszás és a súrlódó erő iránya is megfordul, létrejön a gördülőköri impulzus.

Az alakváltozási impulzus a fajlagos fogpármerevség ingadozásából adódik. Ez az ingadozás jelentkezik ugrásszerűen vagy folytonosan a kapcsolódó fogak számától függően.

A hibaimpulzus nagysága a fogazat hibáival van szoros összefüggésben. Ezek lehetnek osztáshibák, alapkör hibái, a keréktest kiegyensúlyozatlanságából adódó hibák, profilhibák stb.

Ezen gerjesztő hatások szuperpozíciójaként kapott eredő impulzus ismeretében határozható meg a hajtómű hangteljesítménye.

A célunk egy olyan szoftver kifejlesztése, amely egy fogaskerék kapcsolódás adott alap geometriai adatai (z_1 , z_2 fogszaámok, m modul, a_w tengelytávolság, n_1 bemenő fordulatszám, valamint r_{a1} és r_{a2} fejkör sugarak) ismeretében, meghatározza az

- összes hiányzó geometriai adatot,
- a hajtóművel átvihető nyomaték és a teljesítmény értékét,
- a kapcsolódáskor fellépő erőket (F_t tangenciális erő, F_r radiális erő, F_n normálerő),
- kialakuló impulzusokat (most a gördülőköri impulzus)
- akusztikai teljesítményt.

A forrásteljesítményt befolyásoló tényezők közül kiragadva a gördülőköri impulzust, a továbbiakban ennek vizsgálatával foglalkozunk.

Ahhoz, hogy meghatározzuk a gördülőköri impulzus nagyságát, ismernünk kell a fogkapcsolódás során fellépő súrlódó erő nagyságát, melyet az

$$F_s = \mu \cdot F_n = \mu \cdot \frac{F_t}{\cos \alpha_{wt}}$$

összefüggés segítségével határozható meg, ahol a μ a kapcsolódó fogak közötti súrlódási együttható, az F_n a fogprofilra merőlegesen ható normál irányú erő, az F_t a kapcsolódásnál fellépő tangenciális erő, α_{wt} a működő kapcsolószög. Amennyiben az így meghatározott súrlódó erőt elosztjuk azzal az idővel amíg a fogkapcsolódás az A pontból az E pontig eljut, megkapjuk a gördülőköri impulzus értékét. Az AE szakasz hossza a geometriai adatok birtokában meghatározható, a

$$s_{AE} = g_{a1} + g_{a2} = (r_{a1} \cdot \sin \alpha_{a1} - r_{w1} \cdot \sin \alpha_{wt}) + (r_{a2} \cdot \sin \alpha_{a2} - r_{w2} \cdot \sin \alpha_{wt})$$

összefüggés segítségével, a míg a kapcsolóegyenest mentén a sebesség a (v_n - normál irányú sebesség) a

$$v_n = r_{b1} \cdot \omega_1 = r_{b1} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60}$$

képlettel határozható meg. Ez az sebességkomponens a kapcsolóegyenest mentén állandó érték kell legyen, hiszen ha ez nem valósulna meg, akkor a fogprofilok eltávolodnának egymástól (megszűnne a

kapcsolódás), vagy egymásba hatolnának (ami szilárd szerkezeti anyagok esetén lehetetlen). Így egy fog kapcsolódásának ideje a

$$t_{AE} = \frac{s_{AE}}{v_n} = \frac{(r_{a1} \cdot \sin \alpha_{a1} - r_{w1} \cdot \sin \alpha_{w1}) + (r_{a2} \cdot \sin \alpha_{a2} - r_{w2} \cdot \sin \alpha_{w2})}{r_{b1} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60}}$$

összefüggéssel számolható. A gördülőköri impulzus tehát az

$$I_g = \frac{F_s}{t_{AE}}$$

egyszerű képlettel számítható. A teljesítményszint irányértékére a szakirodalom a következő összefüggést ajánlja ipari hajtóművek esetén:

$$L_{WA} = 77,1 + 12,3 \cdot \lg P$$

Ez a képlet mért adatok statisztikai kiértékelésén alapszik. Az akusztikai forrásteljesítmény a

$$P_{akuszt} = P_0 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA}}$$

összefüggés alapján határozható meg, ahol $P_0 = 1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$. Szakirodalmi források alapján ismert, hogy teljesítmény-hajtóművek esetén, amennyiben a kerületi sebesség kicsi (1 m/s alatt), a hangteljesítmény 40-50 %-át a súrlódási irány megváltozása, 5-15 %-át a súrlódási zaj okozza. Nagyobb kerületi sebességeknél 80-90 %-ot jelent a merevségváltozás és a belépési impulzus jellegű zaj. Az alábbi diagramban jól szemléltethető, miként oszlik el százalékos arányban az akusztikai forrásteljesítmény súrlódásból adódó, a gördülőköri impulzusból adódó, valamint a kapcsolódási impulzusból adódó részekre különböző kerületi sebességek esetén.

- Irodalom:
- [1] Dr. Terplán Zénó: Gépelemek II. Tk. Bp. 1991
 - [2] Ungár Tamás, Vida András: Segédlet a gépelemek I-II kötetéhez Tk. Bp. 1991
 - [3] Dr. Kováts Attila: Gépszerkezettan (Műszaki akusztika) Tk. Bp. 1988
 - [4] Dr. Kováts Attila: Noise and Vibration of Gear Speed Reducers. Ideogram Project - WP8. Miskolc, 1998.

Bihari Zoltán / doktorjelölt

Miskolci Egyetem Gépelemek Tanszéke / Miskolc Egyetemváros

Tel: (36) - 46 / 365-111