

TEHETETLENSÉGI RENDSZER (INERCIARENDSZER) A FÉLKÖR PÁLYÁN TÖRTÉNŐ ODA-VISSZA MOZGÁS EGYIRÁNYÚ LINEÁRIS MOZGÁSSÁ VALÓ ALAKÍTÁSÁHOZ

Gerőcs Attila – Wisznovszky Elena Stela – Komjaty Andrei

Absztrakt: Ez a tehetetlenségi rendszer egy m tömegű dugattyúból áll, amelyet egy félkör alakú pálya mentén mozgatnak, amely pályát egy félkört követő íves cső ürege biztosítja, egy erőhenger által parancsolt mozgástörvény szerint, egy motorral hajtott bütök segítségével. Ily módon a rendszer olyan vonóerőt tud elérni, amely lehetővé teszi annak a járműnek az egyirányú mozgását, amelyre ez a rendszer fel van szerelve.

Abstract: This inertial system is made up of a piston of mass m which is driven to move along a semi-circular trajectory, a trajectory ensured by the cavity of a curved pipe following a semicircle, according to a law of motion commanded by a force cylinder with the help of a driven cam. by an engine. In this way the system is the ability of a traction force that makes possible the one-way movement of a vehicle on which this system is mounted.

Kulcsszavak: inerciarendszer, reakcióerő, munka henger, vonóerő, dugattyú

Keywords: inertial system, reaction force, working cylinder, traction force, piston

1. Bevezetés

A forgó mozgást egyirányú lineáris mozgássá alakító eszközök egyik gyakorlati alkalmazása az inerciarendszerek. Gyakorlatilag ezek a rendszerek megoldják azoknak a járműveknek a kerécsúszásának problémáját, amelyekre fel vannak szerelve, azzal az egyszerű ténnyel, hogy a jármű translációs mozgását az eszköz által biztosított vonóerő hajtja végre anélkül, hogy kinematikus láncra lenne szükség a jármű kerekeihez.

Számos szabadalom ismert az inerciális eszközök területén, de a gyakorlatban csak egy kis részét valósították meg. A gyakorlati megvalósítású inerciális eszközök közül kiemelkedik a Dean-féle inerciális szivattyúk és vibrációs felvonók konstrukciójában alkalmazható mechanizmus (Dean, 1959; Ciulin, 2008; Biro et al., 2010; Sarosi et al., 2015; Korcka et al., 2019; Gerocs, 2020; Gerocs et al., 2020).

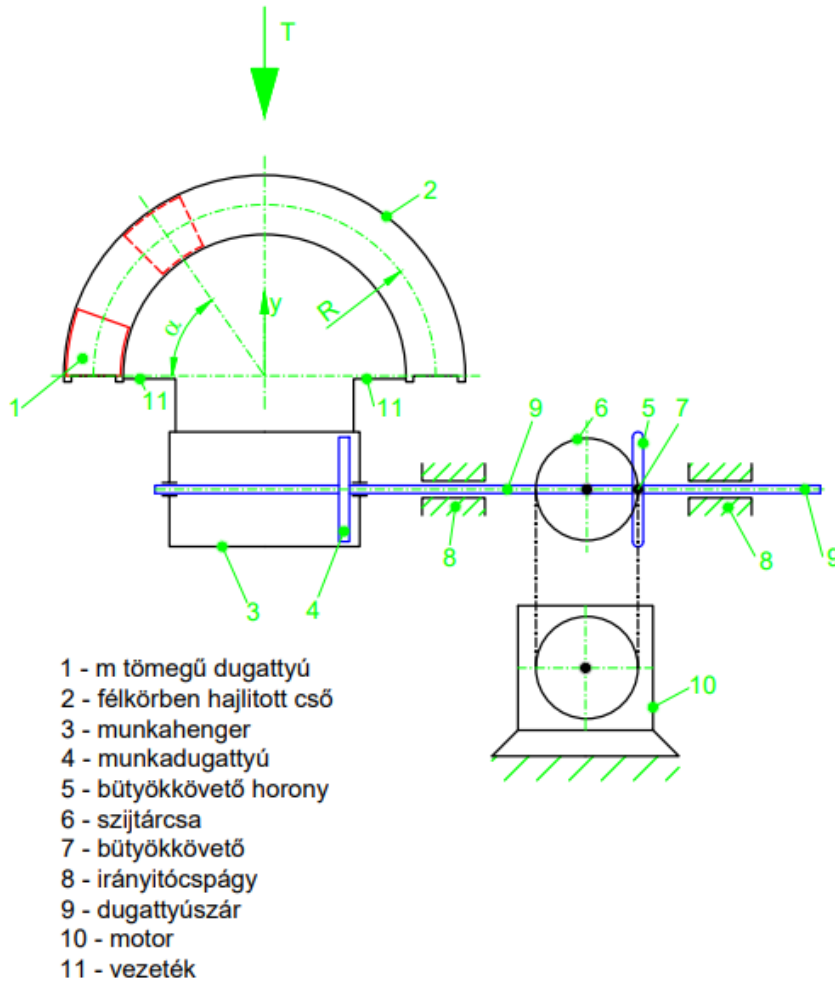
Egy másik példa a Thornson „készüléke”, amely 1,6 mérföld/órás sebességet ért el, kenura szerelve (Thornson, 1986). Ezek a problémák teljes mértékben megoldódnak a cikk szerzői által tervezett készülékünk esetében.

2. Rendszer leírás

A félkör pályán történő oda-vissza mozgást egyirányú lineáris mozgássá alakító tehetetlenségi rendszer az *1. ábra* szerint egy 1-es dugattyúból áll, amely egy cső belsejében félkör alakú pályán mozoghat. Ennek a 2-es íves csőnek a végei a 11-es csöveken keresztül csatlakoznak egy hidraulikus motorhoz, amely a 3-as erőhengerből, a 4-es dugattyúból és a 9-es vezetőrúdból áll. A 3-as erőhenger 4-es

dugattyúja által határolt mindkét ürege olajjal van feltöltve, beleértve az ívelt 2-es cső üregét is.

1. ábra: Az inerciarendszer vázlata



Az 1-es dugattyú elmozdulását a 10-es motor biztosítja ékszíj-hajtással. A 6-os szíjkerék kerületéhez közel van felszerelve a 7-es bütyökkövető, amely elmozdulhat az 5-ös vezetőben, így megvalósul a 4-es dugattyú oda-vissza mozgása. A 4-es dugattyúnak ez a mozgása a 11-es csövek segítségével biztosítja az 1-es dugattyú mozgását a 2-es íves csőben a rendszer függőleges tengelye mentén, az 1. egyenlet szerint.

$$y=R \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

ahol:

y = az 1-es dugattyú elmozdulása a rendszer mozgásirányában

$R = 0.5[m]$ - a dugattyú átlagos forgási sugara

α = a dugattyú helyzetszőge

A jelen tanulmányban a t -vel jelölt idő az egész időintervallumban megvan, és azt a MathCAD-ben használatos módon fogjuk bemutatni, vagyis a grafikonok feltöltéséhez használt időintervallumot is bemutatjuk, a 2. egyenlet szerint.

$$t=0, \frac{\pi}{18000} \dots \frac{\pi}{100} [s] \quad (2)$$

ahol:

t = a dugattyú forgási ideje

A hármasszabály segítségével meghatározhatjuk az $\alpha(t)$ -t az alábbiak szerint:

$$\alpha(t) = \frac{\pi \cdot (r - r \cdot \cos \omega \cdot t)}{2r} = \frac{\pi}{2} \cdot (1 - \cos \omega \cdot t) \quad (3)$$

ahol:

r = bütyökkövető sugár

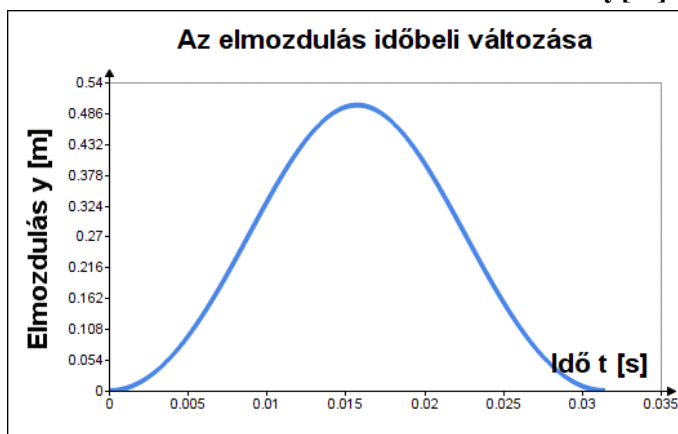
Az (1) képletben behelyettesítjük a (3) képletet, és az eredmény:

$$y(t) = R \cdot \sin \left[\frac{\pi}{2} \cdot (1 - \cos \omega \cdot t) \right] \quad (4)$$

ahol: $\omega \cdot t \in [0, \pi]$

Az elmozdulás grafikus ábrázolása az y tengely mentén (4. egyenlet) a 2. ábrán látható.

2. ábra: Az elmozdulás időbeli változása – y [m]



Miután az m tömegű 1-es dugattyú az íves 2-es csőben a teljes pályát bejárta, a jelenség az egyes alkatrészek ellentétes irányú mozgásával ismétlődik, ugyanazt az eredményt kapva.

A (4) egyenlet levezetése az idő függvényében, a készülék gyakorlati megvalósításának értékeként és a MathCAD programlehetőségek szerint a következőt kapjuk:

$$v_y(t) = y'(t) = \frac{\omega \cdot R \cdot \pi \cdot \sin \omega \cdot t \cdot \cos \left(\frac{\pi \cdot \cos \omega \cdot t - \pi}{2} \right)}{2} \quad (5)$$

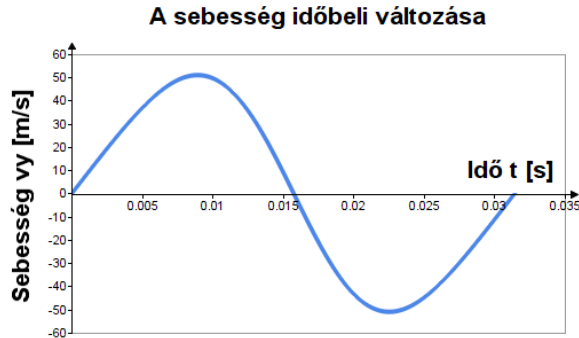
ahol:

$v_y(t)$ = sebesség az y haladási irány mentén

$$\omega = 100 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$$

$$R = 0.5 [\text{m}]$$

3. ábra: A sebesség időbeli változása- v_y [m/s]



Ha a deriválást kétszer alkalmazzuk a mozgástörvényre, akkor az eredmény:

$$a_y(t) = y''(t) \quad (6)$$

$$= \frac{\omega^2 \cdot R \cdot \pi^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)^2 \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot \cos \omega \cdot t - \pi}{2} \right)}{4}$$

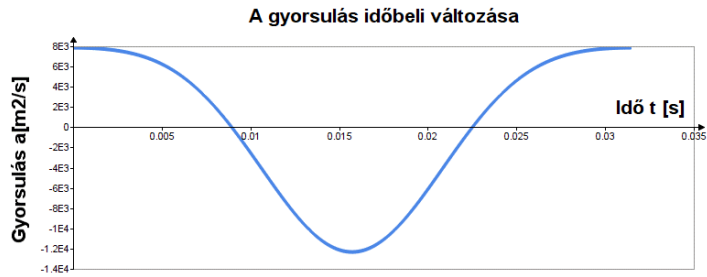
$$+ \frac{2 \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \pi \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos \left(\frac{\pi \cdot \cos \omega \cdot t - \pi}{2} \right)}{4}$$

ahol:

$a_y(t)$ = az y haladási irány menti gyorsulás

Az y haladási irány menti gyorsulás grafikus ábrázolása (6. egyenlet) a 4. ábrán látható.

4. ábra: A gyorsulás időbeli változása - a[m²/s]



Ezeket az eredményeket a jelenségek jobb megértése érdekében a 2., 3. és 4. ábrán látható grafikonok formájában mutatjuk be.

Ha a gyorsulás (6) képletét megszorozzuk a dugattyú tömegével és megváltoztatjuk az előjelet, akkor megkapjuk a rendszer tehetetlenségi erejét az idő függvényében, azaz:

$$F_y(t) = -m \cdot a_y(t) \quad (7)$$

ahol:

$m = 10[kg]$ - a dugattyú tömege

$F_y(t)$ = a rendszer tehetetlenségi ereje az idő függvényében

$$F_y(t) = (-m) \cdot \left\{ \frac{\omega^2 \cdot R \cdot \pi^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)^2 \cdot \sin\left[\frac{\pi \cdot \cos(\omega \cdot t) - \pi}{2}\right]}{4} \right\} \quad (8)$$

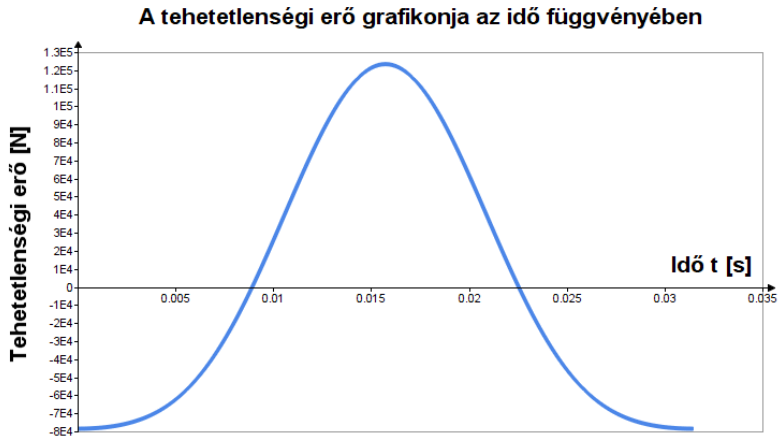
$$+ (-m) \cdot \left\{ \frac{2 \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \pi \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot \cos(\omega \cdot t) - \pi}{2}\right]}{4} \right\}$$

ahol:

$m = 10[kg]$ - a dugattyú tömege

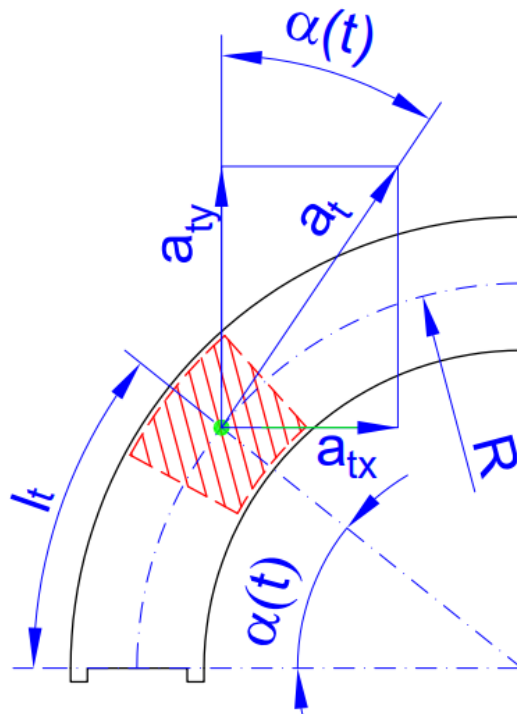
$F_y(t)$ = a rendszer tehetetlenségi ereje az idő függvényében

5. ábra: A tehetetlenségi erő grafikonja az idő függvényében



Megjegyzendő, hogy ennek a tehetetlenségi erőnek az eléréséhez vagy megvalósításához elkerülhetetlenül megjelennek a reakcióerők is.

6. ábra: A dugattyú érintőleges (tangenciális) gyorsulásának ábrázolása t időpontban



A dugattyú által leírt körív a t időpontig a következő:

$$l_t(t) = \frac{r[1 - \cos(\omega \cdot t)] \cdot \pi \cdot R}{2 \cdot r} = \frac{[1 - \cos(\omega \cdot t)] \cdot \pi \cdot R}{2} \quad (9)$$

ahol:

$l_t(t)$ = egy körív, amelyet a dugattyú t időpontig ír le

Ha a (9) képletet az idő függvényében deriváljuk, akkor a tangenciális sebesség:

$$v_t(t) = \frac{\pi}{2} \cdot R \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (10)$$

ahol:

$v_t(t)$ = a dugattyú sebessége t időpontban

Ha még egyszer deriváljuk megkapjuk a tangenciális gyorsulást:

$$a_t(t) = \frac{\pi}{2} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (11)$$

ahol:

$a_t(t)$ = a dugattyú gyorsulása t időpontban

Ennek a tangenciális gyorsulásnak az összetevője az y irány mentén, azaz a mozgás irányát figyelembe véve, felírható:

$$a_{ty}(t) = a_t(t) \cdot \cos \alpha \quad (12)$$

ahol:

$a_{ty}(t)$ = a tangenciális gyorsulás y tengelye menti komponense

Ha a (12) képletbe behelyettesítjük a (3) és (11) képletet, a következőt kapjuk:

$$a_{ty}(t) = \frac{\pi}{2} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos \left[\frac{\pi}{2} (1 - \cos(\omega \cdot t)) \right] \quad (13)$$

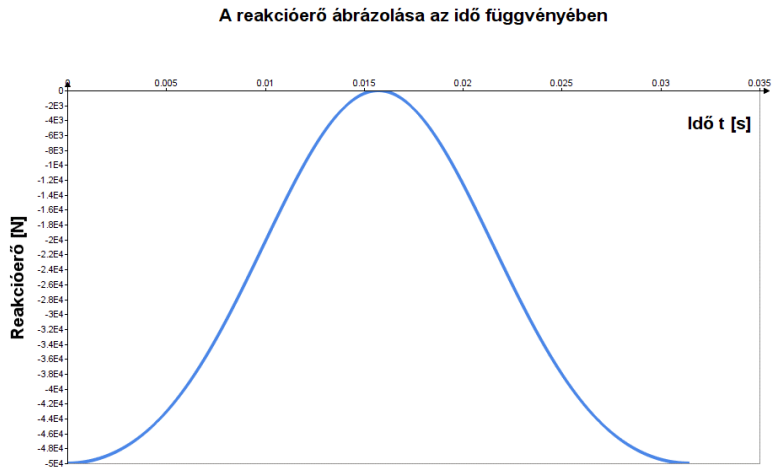
Negatív előjellel megszorozva a dugattyú tömegét a (13) képlettel, megkapjuk a reakcióerőt, a 14. egyenlet szerint:

$$F_{yr}(t) = -m \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos \left[\frac{\pi}{2} (1 - \cos(\omega \cdot t)) \right] \frac{\pi}{2} \quad (14)$$

ahol:

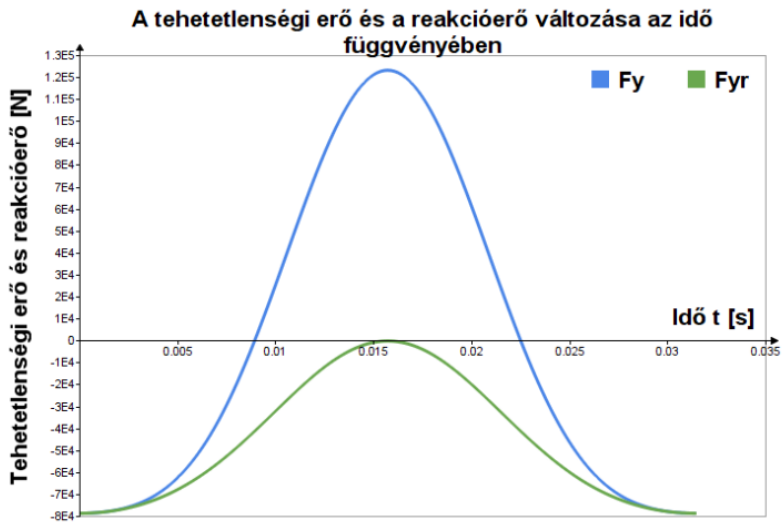
$F_{yr}(t)$ = reakcióerő a járás y -iránya mentén az idő függvényében

7. ábra: A reakcióerő ábrázolása az y elmozdulási irány szerint az idő függvényében



A tehetetlenségi erő és a reakcióerő változása grafikusán látható az 8. ábrán.

8. ábra: A tehetetlenségi erő és a reakcióerő változása az idő függvényében



Ha összeadjuk a 8. ábra két változóját, megkapjuk a vonóerőt:

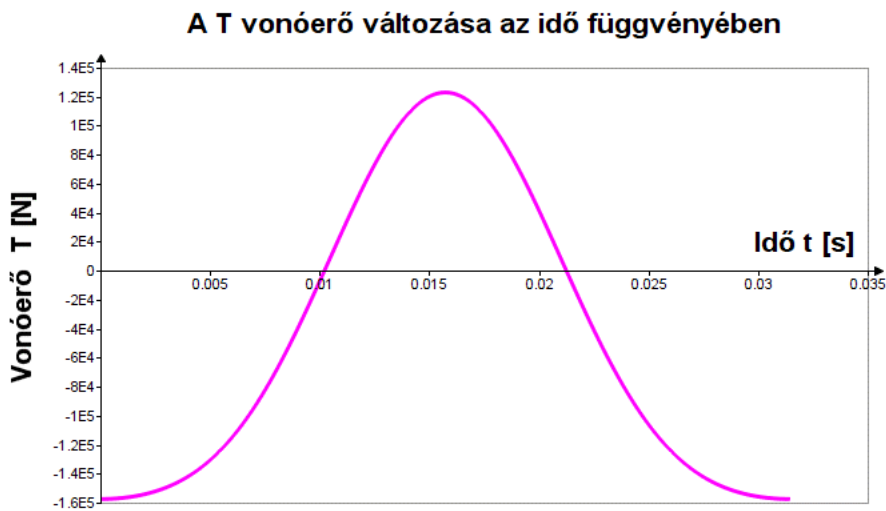
$$T_y(t) = F_y(t) + F_{yr}(t) \tag{15}$$

ahol:

$T_y(t)$ = végső vonóerő

A végső vonóerő grafikus ábrázolása a 9. ábrán látható.

9. ábra: A T vonóerő változása az idő függvényében



Az erő átlagos értékét akkor kapjuk meg, ha integráljuk a vonóerő képletet $T(t)$ osztva a (16) egyenlet szerint figyelembe vett időintervallummal:

$$\int_0^{\frac{\pi}{100}} T_y(t) dt = -1.399 \cdot 10^3 [N] \quad (16)$$

A MathCAD által biztosított integráló eszköz szerint kapott érték (10. ábra) a következő.

10. ábra: A vonóerő integrálása a MathCAD program szerint

$$\int_0^{\frac{\pi}{100}} \left(-m \cdot \frac{\left(\omega^2 \cdot R \cdot \pi^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \right)^2 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \cos(\omega \cdot t) - \pi}{2}\right) + 2 \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \pi \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \cos(\omega \cdot t) - \pi}{2}\right)}{4} \right) dt = -1.399 \cdot 10^3$$

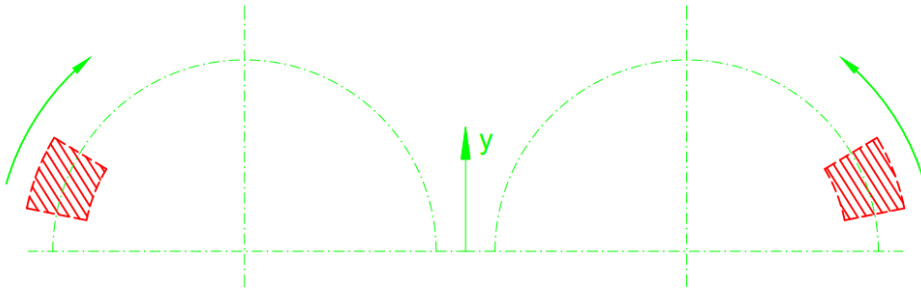
$$T_{med} = \frac{-1399}{\frac{\pi}{100}} = -4.453 \cdot 10^4 \quad +$$

A leírás alapján látható, hogy a vonóerő átlagértéke hozzávetőleg 45[kN], érték, amely indokolja a készülék használatát.

3. Következtetések

A rendszer jobb kiegyensúlyozása érdekében ajánlatos két egyforma inerciarendszert használni, amelyek a 11. ábrán látható séma szerint ellenidőben működnek.

11. ábra: Két ellenidőben működő inerciarendszer munkadiagramja



Egy meglehetősen egyszerű rendszer segítségével, egyszerű és meglehetősen olcsó gyakorlati megvalósítással, vonóerőt lehet elérni egy jármű részére, amelyre ez a rendszer fel van szerelve.

Mivel ennél a rendszernél nem szükséges kinematikus láncot készíteni annak a járműnek a kerekeihez, amelyre ez a rendszer fel van szerelve, így csúszós útviszonyok mellett a jármű kerekeinek megcsúszása megszűnik.

Ha a jármű olyan rendszerrel is fel van szerelve, amely lehetővé teszi a teljes rendszer megfelelő forgását a haladási irányba (utak irányába), akkor az kanyarokban a centrifugális erő megjelenése is megszűnik, ami nagy sebességek esetén az kanyarokban kifele sodorta volna a járművet, így nagyobb sebességnél is biztosított a jármű biztonságos vezetése.

Irodalomjegyzék

- Biro, I., Csizmadia, B., Krakovits, G., Veha, A. (2010): Sensitivity Investigation of Three-Cylinder Model of Human Knee Joint. IUTAM Symposium on Dynamic Modeling and Interaction Control in Virtual and Real Environments. Budapest. 177–184.
- Ciulin, D. (2008): System to Produce Mechanical Inertial Force and/or Torque. Conference Meeting International Joint Conference on Computer, Information, Systems Sciences and Engineering, Bridgeport, CT. 51–56.
- Dean, N. (1959): System for converting rotary motion into unidirectional motion, US Patent 2886976.
- Gerócs, A. (2020): The Kinematic and Dynamic Study of an Inertial Propulsion System Based on Rotating Masses. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17 (6): 225–237. <https://doi.org/10.12700/APH.17.6.2020.6.13>
- Gerócs, A., Gillich, G., Nedelcu, D., & Korka, Z. (2020): A Multibody Inertial Propulsion Drive with Symmetrically Placed Balls Rotating on Eccentric Trajectories. *Symmetry-Basel*, 12 (9): 1422. <https://doi.org/10.3390/sym12091422>
- Korka, Z., Cojocar, V., Miclosina, C. (2019): Modal - Based Design Optimization of a Gearbox Housing. *Romanian Journal of Acoustics and Vibration*, 16 (1): 58–65.
- Sarosi, J., Biro, I., Nemeth, J., & Cveticanin, L. (MAR 2015). Dynamic modeling of a pneumatic muscle actuator with two-direction motion. *Mechanism And Machine Theory*, 85: 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2014.11.006>
- Thornson, B. (1986): Apparatus for developing propulsion force, US Patent 4631971.