

LINEÁRIS HAJTÁS AKTÍV REZGÉSSZIGETELÉSE

ACTIVE VIBRATION DAMPING OF A LINEAR DRIVE SYSTEM

Jászka István, MSc hallgató, Miskolci Egyetem, Robert Bosch Mechatronikai Tanszék
Dr. Szabó Tamás, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Robert Bosch Mechatronikai Tanszék

ABSTRACT

This paper deals with the model and control of a one DOF linear drive system. The design and the control of the drive system were based on a simple displacement forced vibrating model. The motion of the ball-screw drive is controlled by PLC using acceleration feedback. Numerical and experimental results are compared.

1. BEVEZETÉS

A mai termelés a technológia korlátjait feszegeti, emellett a gazdaságosságra is nagy hangsúlyt kell fektetni a vásárlókért folytatott küzdelemben. Ezen igények kielégítése a mechatronikai rendszerek alkalmazása nélkül nem képzelhető el. Ilyen mechatronikai rendszereket alkalmaznak például elektronikai beültetőgépekben, járművek aktív felfüggesztéseiben [1], automatizált daruknál [2], és hordozható kamerákban. Közös tulajdonságuk, hogy a vezérlés a nemkívánatos rezgéseket aktívan csillapítja a minőség javítása céljából.

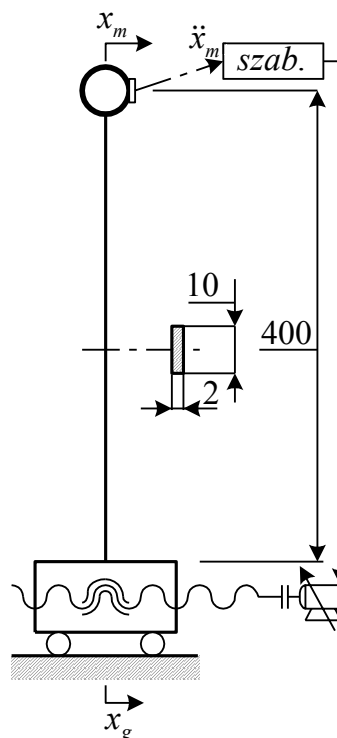
A rezgéscsökkentésnek két módja van, az egyik a passzív rezgésszigetelés, azaz a csillapítási tényező növelése, a másik az aktív rezgésfajtás, amikor a rendszerbe közvetlenül beavatkozunk a rezgésforrás oldaláról.

A cikk két fő részre bontható. Az első rész a tervezett rendszer előzetes dinamikai modellezésével és az alapvető tulajdonságok feltárásával foglalkozik. A második rész a rendszer összeállítását a vezérlés megvalósításával és a kapott eredmények értékelését ismerteti.

2. A LINEÁRIS HAJTÁS MODELLJE

A tervezett golyósorsós hajtás egyszerűsített modelljét az 1. ábra szemlélteti. A golyósorsó-anya meghajtású lineáris szán és arra épített függőleges konzol végén egy szerszám tömegét reprezentáló kör szimbólum látható. A konzol téglalap (10x2 mm) keresztmetszetű, hossza 400 mm, anyaga sárgaréz (rugalmassági modulusa $E=110 \text{ GPa}$, Poisson tényezője $\nu=0,37$).

A szerszám jobb oldalán egy kis téglalap jelöli a gyorsulási szenzort. A hajtásláncot egy szervomotor működteti a „szab.” szabályzó egységgel a gyorsulás szenzortól kapott jel alapján.



1. ábra. A lineáris hajtás modellje

A konzol keresztmetszetének másodrendű tehetetlenségi nyomatéka $I_z = 6,666 \text{ mm}^4$, merevsége ([3], 64-67. old.):

$$k = \frac{3I_x E}{l} = 0,0345 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (2.1)$$

A konzol tömege $m_k = 71 \text{ g}$, a szerszám tömege $m_{sz} = 100 \text{ g}$, az egy szabadságfokú rendszer redukált tömege ([3], 64-67. old.):

$$m = m_{sz} + m_k \frac{33}{140} = 116,9 \text{ g} \quad (2.2)$$

A modell vizsgálatokban a rendszer belső csillapítását elhanyagoljuk. Az 1. ábrán látható modell mozgásegyenlete:

$$m \ddot{x}_m(t) + k x_m(t) = k x_g(t), \quad (2.3)$$

ahol x_m a konzol végén lévő szerszám elmozdulása, x_g a szán előírt elmozdulása. A (2.3)-at elosztva az m tömeggel az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\ddot{x}_m(t) + \alpha^2 x_m(t) = \alpha^2 x_g(t), \quad (2.4)$$

ahol α a csillapítatlan rendszer saját-körfrekvenciája ($\alpha = 17,2 [1/s]$).

Vizsgálataink során a szánt meghatározott sebességgel egy előírt pozícióba visszük. A megállás után a szerszám a rugalmas konzolon viszonylag nagy kilengéseket végez. A gyorsulás negatív visszacsatolásával a szán mozgását mindaddig szabályozzuk, amíg a tömeg kitérése egy előírt érték alá nem csökken. Ezután a szánt a kiindulási helyzetbe mozgatjuk vissza, és az összehasonlítás kedvéért továbbiakban a szabályozást kikapcsolva a rendszer szabadrezgést végez.

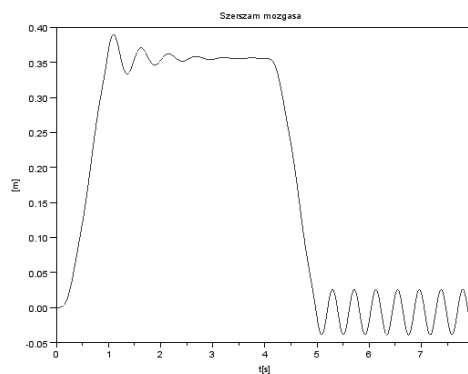
A gyorsulás visszacsatolásánál figyelembe vesszük, hogy a jelfeldolgozásból illetve a hajtás tehetetlenségéből adódóan a pozicionálás egy τ_D időkésltetést szenvedhet, illetve a t_m mintavételezés a felhasználó által változtatható. A szán pozicionálását a gyorsulás negatív visszacsatolásával szabályozzuk

$$x_g(t) = -p \ddot{x}_m(t - \tau_D) \quad (2.5)$$

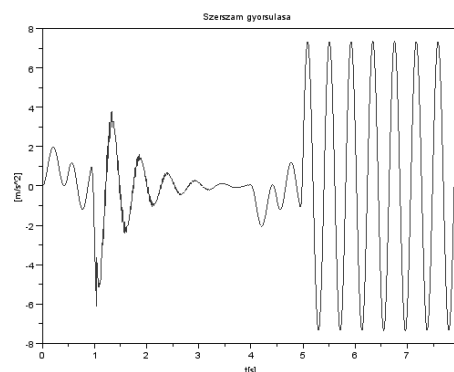
ahol p az erősítési tényező, javasolt értéke ($p = 0,65/\alpha^2$). A (2.5)-öt behelyettesítve (2.4)-be az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\ddot{x}_m(t) + \alpha^2 x_m(t) = -p \ddot{x}_m(t - \tau_D). \quad (2.6)$$

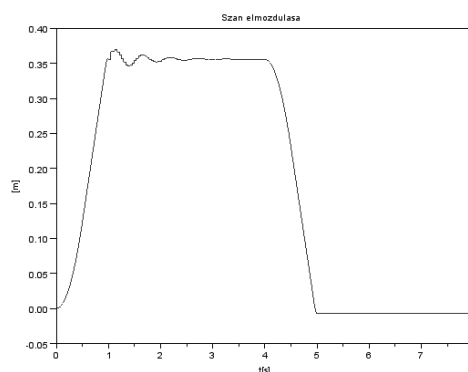
A (2.6) differenciálegyenlet numerikus megoldására a középponti differencia módszert alkalmazzuk, homogén kezdeti feltételekkel, $\tau_D = 30\text{ms}$ becsült késleltetési-, a $t_m = 40\text{ms}$ az előírt mintavételezési idő. A numerikus integrálás egyenközű időlépéseinek nagysága $dt = 1\text{ms}$. A program meghatározza az $x_m(t)$, $\ddot{x}_m(t)$, $x_g(t)$ időfüggvényeket, amelyeket rendre a 2-4. ábrák szemléltetnek.



2. ábra. A szerszám $x_m(t)$ elmozdulása



3. ábra. A szerszám $\ddot{x}_m(t)$ gyorsulása



4. ábra. A szán $x_g(t)$ előírt függvénye

A 2. ábrán látható, hogy a szerszám jelentősen túllendül az előírt programozott pozícióban, majd a rezgés néhány kitérés után lecseng, a szabályozásnak köszönhetően annak ellenére, hogy a rendszer nem tartalmaz belső csillapítást.

A szán eredeti pozícióba való mozgatását követően már nem alkalmazunk vezérlést, ezért a szerszám harmonikus rezgőmozgást végez. A vizsgált idő alatt az elmondottakkal összhangban változik a szerszám gyorsulása is a 3. ábra szerint. A 4. ábrán látható a szán

mozgása. Az előírt t_m mintavételezési időnek megfelelően a szán mozgása a rezgéscsillapítás során egy lépcsős függvényt ír le.

A bemutatott számítási példa alapján jó eséllyel építhető, egy olyan pozicionáló hajtás, amelynek rezgései a gyorsulás negatív visszacsatolásával erőteljesen csillapíthatók.

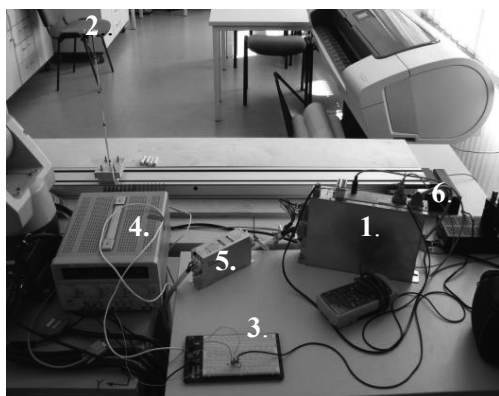
3. A MEGVALÓSÍTOTT LINEÁRIS HAJTÁS

A 2. pontban bemutatott modell alapján egy golyósorsós szánhajtás rezgéscsökkentő szabályozásával foglalkozunk. A vizsgált kísérleti rendszert a 4. ábra mutatja.

3.1 A hajtásrendszer felépítése

A 4. ábrán feltüntetett számozást követve:

- MLD vezérlő egység (1) egy olyan PLC, mely alkalmas a hajtás mozgásvezérlésére is. Ehhez kapcsolódik a gyorsulásérzékelő és a meghajtó motor.
- ADXL335 típusú gyorsulásérzékelő (2)
- LM358P típusú erősítő (3). A gyorsulásérzékelő jelét erősíti a megfelelő pontosság érdekében.
- Tápegység (4): A műveleti erősítő, illetve a gyorsulásérzékelő számára biztosítja a megfelelő feszültségeket (10 V és 3 V).
- Szűrő (5): Az MLD tápegységébe bemenő háromfázisú feszültség kondicionálására szolgál.
- Háromfázisú, permanens mágneses motor (6), feladata a szán mozgatása.



4. ábra. Golyós orsós hajtás

3.2. A hajtást vezérlő PLC program

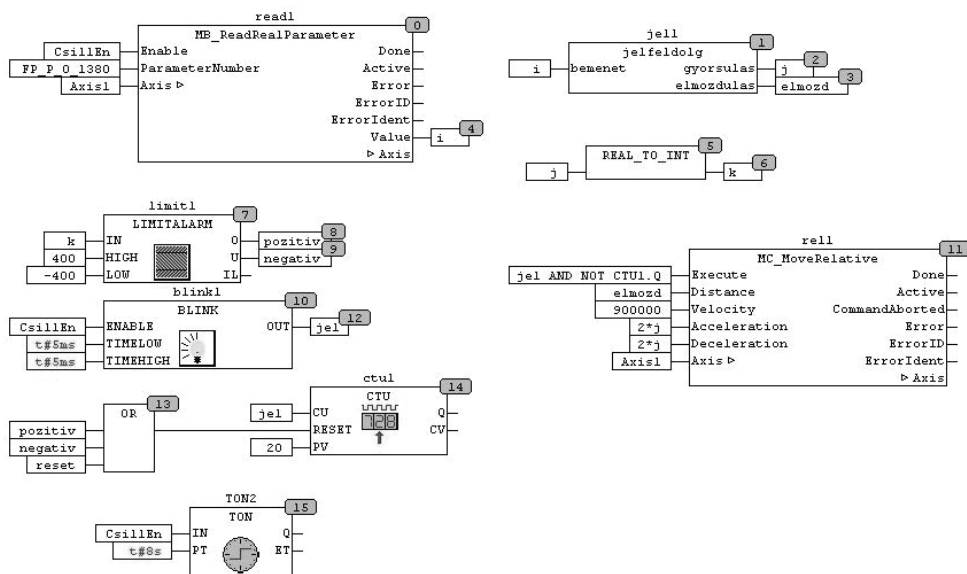
A cél egy minél tömörebb, a lehető leggyorsabban beavatkozni képes program

elkészítése volt. A rezgéscsillapítására szolgáló programot CFC (Cyclic Function Chart) nyelven írtuk meg. Az 5. ábrán szemléltetett program legfontosabb tulajdonsága, hogy az egyes funkcióblokkok működése nem egymást követő sorrendben, hanem párhuzamos aktivitás útján valósul meg.

A program részei:

- **read1** (MB_ReadRealParameter): a gyorsulás értékét a PLC analóg bemenetének (16 bites AD átalakítás után) az FP_P_0_1380 Global Register értékeként lehet elérni, ezt olvassa be a funkcióblokk az **i** változóba.
- **jell1** (jelfeldolg): a bejövő jel skálázását és 0 eltolását végzi. Mivel a 0 gyorsuláshoz a gyorsulásérzékelő típusából adódóan nem 0 érték tartozik, eredményét a **j** változóba írja, valós típusú változóból egész típusú alakítva.
- **limit1** (Limitalarm), **blink1** (Blink) és **ctul** (CTU): a rezgéscsökkentés automatikus leállítására szolgálnak. A Blink az óra-jelet szolgáltatja a számláláshoz. A CTU CV (Current Value) értéke folyamatosan nő, amíg a **k** értéke a **limit1** határértékei közé nem esik, de alapértéket vesz fel, ha beavatkozásra kerül sor.
- **rel1** (MC_MoveRelative): a rezgéscsillapítás szabályozásához szükséges relatív mozgások megvalósítására szolgáló blokk.
- **TON2** (TON): alternatív kilépési lehetőséget biztosítunk általa a rezgés csökkentési fázisból, ha az előírt 8 másodperc alatt valamilyen probléma miatt nem állna le.

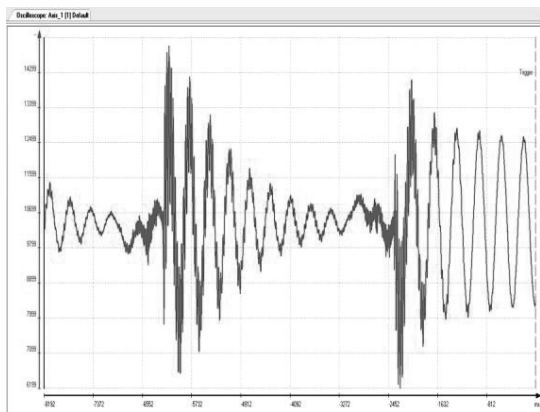
A program az MLD analóg bemenetére érkező gyorsulásjel alapján mozgatja a szánt, amelyet szoftveresen dolgoztunk fel.



5. ábra. CFC program

3.3. A hajtás rezgéscsökkentése

Az elkészült vezérlő rendszerrel a modell eredményeit kísérleti úton ellenőriztük. A kiértékeléshez az MLD kezelő programjának, az IndraWorks fejlesztőrendszer által biztosított oszcilloszkóp funkcióját használtuk. Az oszcilloszkóp előre beállított időtartamonként legfeljebb 8192 mintát tárol el.



6. ábra. A szerszám mért gyorsulása

A szerszám mért gyorsulása a 6. ábrán látható, előbb be-, majd kikapcsolt rezgéscsökkentéssel, amely hasonlít a 3. ábrán bemutatott modellszámításhoz.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben egy golyósorsós szánhajtás rezgéscsökkentésének lehetőségét modellezéssel és kísérleti berendezésen is vizsgáltuk.

Egy MLD vezérlőre CFC nyelven írt programmal sikerült elérni a valós szám és a modellszámítások jó egyezését.

A gyorsulás visszacsatolással és megfelelő mintavételezési idő beállításával a pozicionáló hajtás rezgései hatékonyan csillapíthatók.

5. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutató munka A TÁMOP-4.2.1B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

6. IRODALOM

- [1] Bokor J., Gáspár P.: Irányítástechnika járműdinamikai alkalmazásokkal, TYPOTEX, Budapest 2008.
- [2] Illés B., Németh J.: Automatizált daru teherlengése csillapításának egy lehetséges módja, GÉP LXII. évfolyam 7-8, 2011, ISSN 0016-8572, pp. 60-67.
- [3] Égert J., Jezsó K.: MECHANIKA – Rezgés tan 2006. 207. old. (elektronikus jegyzet: [http://jegyzet.sze.hu/letolt.php?dwn=1mechanika\(rezg\)](http://jegyzet.sze.hu/letolt.php?dwn=1mechanika(rezg)))