

# ANYAGMOZGATÓ GÉPEK KÁROS LENGÉSEINEK CSILLAPÍTÁSA

FRANK Jenő

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar  
Építő- és Anyagmozgató Gépek Tanszék

A szakaszos üzemű anyagmozgató gépek rakodási, illetve szállítási teljesítményét az egy adagban szállított anyag mennyiségének, illetve a működés sebességének növelésével, valamint az indítási és fékezési idők csökkentésével lehet javítani. Emellett az önsúly csökkentése is célunk. Mindezek következtében a szerkezetek rugalmassága és deformációi növekednek.

## A lengések minimalizálásának módszerei

A gépek stacioner üzemállapotában mutatkozó lengések csökkentésére az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

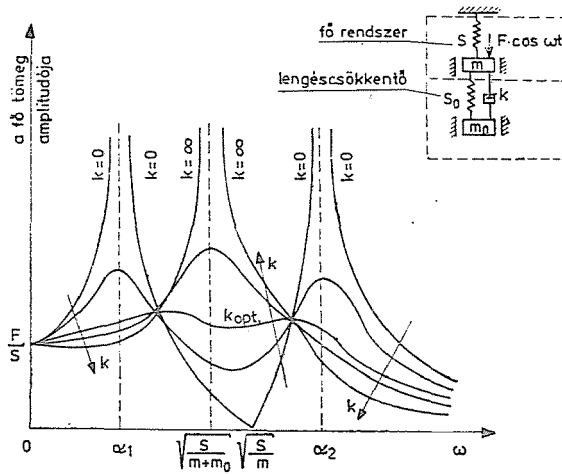
### *A gerjesztő hatás csökkentése*

Járulékos energiának a rendszerbe történő bejutását megakadályozhatjuk a rendszernek a rezgő padlótól való elszigetelésével (pl. műszer esetén), vagy a forgó, ill. lengőmozgást végző elemek statikus és dinamikus kiegyensúlyozásával.

### *A szerkezet módosítása*

Ez jelentheti a lengő rendszer paramétereinek módosítását (a tehetetlenségi és merevségi jellemzők megváltoztatása a rezonancia elkerülése céljából úgy, hogy a gerjesztő erők frekvencia spektruma minél kevésbé fedje a saját frekvenciák spektrumát). Másik lehetőség a forgás egyenletlenségének csökkentése lendkerekek, vagy ellenfázisban dolgozó szimmetrikus berendezés alkalmazásával. A rendszerben fellépő kotyogások megszüntetése, ill. ha ez nem lehetséges, megfelelő ütközők beépítése is ide sorolható. A passzív lengéscsökkentő (járulékos tömeg, mely a fő rendszerhez rugóval csatlakozik) egy adott frekvenciájú gerjesztés esetén a fő tömeg lengési amplitúdóját csökkenti, miközben saját maga a rezonanciafrekvencia közelében rezeg. A rezgés szigetelő

egy, a rezgésforrás és a védett rendszer közé beépített rugalmas elemből áll, melyet úgy hangolnak, hogy a rezgések átvitele minimális legyen (ez általában alacsony sajátfrekvenciájú rugalmas tag esetén áll fenn).



1. ábra

### *A lengés mechanikai energiájának szórása, hővé alakítása*

Erre a célra mechanikus, hidraulikus vagy elektromágneses elven működő csillapítókat használnak, melyek jelentősen befolyásolják a fő tömeg kényszerített rezgéseinek amplitúdóját. Egy csillapítóval épített lengéscsökkentő (1. ábra) esetében megtalálható az a csillapítás ( $k_{opt}$ ), amelynél tetszőleges  $\omega$  gerjesztő frekvencia esetén a védett  $m$  tömeg amplitúdója minimális. További megoldást jelentenek a mechanikai energia hővé alakítására a rezonancia nélküli (rugalmas elemet nem tartalmazó) súrlódásos, ill. ütközéses csillapítók, valamint a zaj csökkentése céljából alkalmazott szendvics szerkezetek.

### *Aktív lengéscsillapítók*

A rendszerbe külső energiaforrást iktatnak be, amely szabályozó kör alkalmazásával erőket kelt, vagy módosítja a berendezés paramétereinek értékét. Működése során érzékelheti a védett elem elmozdulását, vagy a zavaró erőt. Az aktív lengéscsillapítók többnyire hidraulikus vagy elektromágneses beavatkozó elemmel működő, bonyolult berendezések.

### Az anyagmozgató gépek lengéseinek sajátos jellege

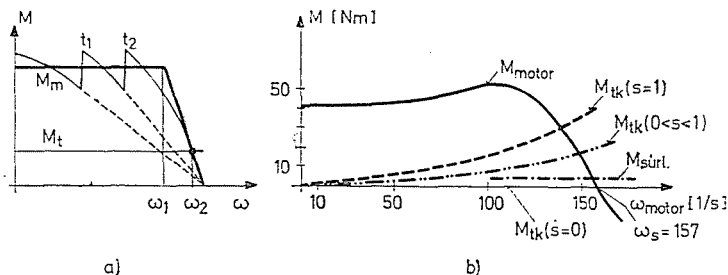
Az anyagmozgató gépekben a működés és az igénybevételek szempontjából mértékadó, és ezért csökkentendő lengések az instacioner üzemállapotokban (indítás, fékezés) lépnek fel. Ez alól a lengő szállítógépek kivételt jelentenek, amelyek esetében a stacioner lengés a működés alapja.

Az instacioner üzemállapotokban nem jellemző (de előfordul) a periodikus gerjesztés. A meghajtó gép (vagy a fék) a konstrukciójától és vezérlésétől függő jelleggörbe szerint, a fordulatszám és a terhelés által befolyásolt nagyságú, változó gerjesztő erőt fejt ki. A vizsgálatok során a hajtó gépet és a hajtott rendszert egy egészként kell vizsgálni. A lengések csökkentésének egyik alapvető lehetősége az első kitérés nagyságának csökkentése. Ebben a tekintetben mind a hajtó gép, mind a hajtott rendszer módosításával érhetünk el eredményt. A hajtó gép egyes elemei (villamos motor, hidrodinamikus tengelykapcsoló) a további mozgás során kifejtett csillapító hatásukkal a lengések lecsengését, ezáltal a terhelési spektrum kedvező változását idézik elő.

A háromfázisú aszinkron villamos motor és a hidrodinamikus tengelykapcsoló jelleggörbéje a 2/a. és 2/b. ábrán látható.

Az emelőművekre jellemző, hogy a villamos motor forgórészének tehetetlenségi nyomatéka a teher redukált tehetetlenségi nyomatékának többszöröse, valamint az, hogy általában a hajtás rendszerétől függetlenül, a laza kötéllel indított teheremelés adja a maximális dinamikus hatást. Ezért a hajtási rendszer módosításával a dinamikus tényező nem csökkenthető, csak a terhelési spektrum javítható. Az emelőmű egyéb, lengőmozgást végző elemeivel kapcsolatban fennállnak az 1. pontban vázolt lehetőségek.

A haladó (és gémbillentő) mozgást megvalósító rendszerek esetében a teher tömege általában a rendszer többi tömegének nagyságrendjébe esik. A teher kitérései a legnagyobbak a rendszerben. Ez a dinamikus hatásokon kívül a daru kezelőjének is nehézségeket okoz: nehéz a terhet adott hely fölött megállítani. Haladómű jellegű rendszereknél mind a hajtás módosításával, mind a lengő rendszerek esetében általában alkalmazható módszerekkel lehet eredményt elérni.



2. ábra

## Az anyagmozgató gépek lengéseinek csökkentése

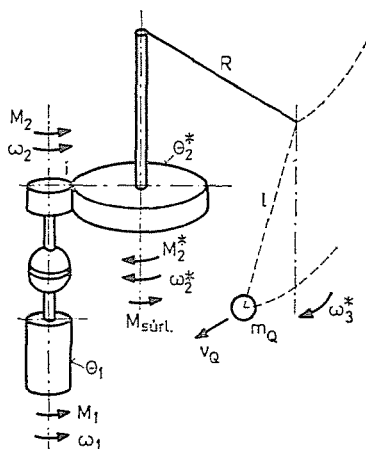
Az 1. fejezetben alkalmazott felosztásnak megfelelően csoportosíthatjuk az anyagmozgató gépek lengéseinek csökkentésére használható módszereket.

### *A gerjesztő hatás csökkentése*

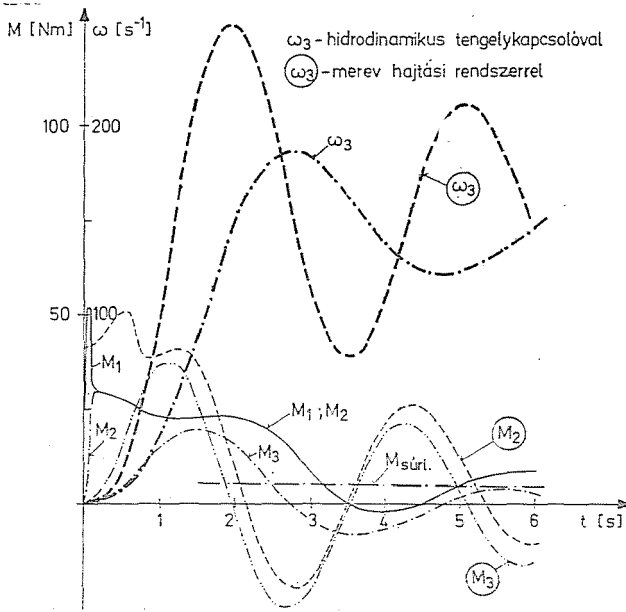
Az általában alkalmazható módszereken kívül ide sorolhatjuk a hajtás módosítását, melynek célja az indítás idejének növelése úgy, hogy az kis rántással, egyenletes erővel történjen. Ennek legegyszerűbb módja a villamos motor indítási szakaszban leadott nyomatékának csökkentése.

Egyre jobb eredmények érhetők el a következő módszerek segítségével: a motor nagyságának lehetőség szerinti csökkentése, rövidere zárt forgórészű aszinkron villamos motorról csúszógyűrűs motorra történő áttérés, a forgórész áramkörében levő ellenállások kiiktatási programjának megfelelő változtatása, lendítőkeréknek a motor tengelyére történő építése, hidrodinamikus tengelykapcsoló alkalmazása, bolygóműves sebességváltó beépítése, szabályozott örvényáramú fék alkalmazása, egyenáramú, tirisztorral vezérelt váltóáramú, vagy hidrosztatikus hajtásra történő áttérés. Ezek a módszerek általában használhatók haladóművekben, közülük némelyik emelőműben is alkalmazható.

A 3. ábrán hidrodinamikus tengelykapcsolónak építőipari toronydaru forgatóművébe történő beépítése látható. A 4. ábra az eredeti merev, ill. a hidrodinamikus tengelykapcsolóval kiegészített hajtás esetében mutatja a teher szögsebességének, valamint a modell jellemző pontjain fellépő nyomatéknak a változását indítás során. A fogaskoszorút terhelő nyomatékesúcs felére csökkent, és a teher lengése sokkal gyorsabban csillapodik hidrodinamikus tengely-



3. ábra



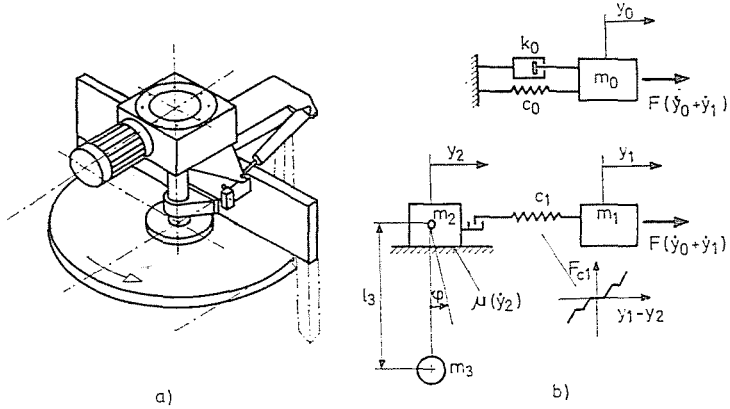
4. ábra

kapcsoló alkalmazása esetén. További előny, hogy ez utóbbi esetben a villamos motor igen gyorsan felpörög, és a továbbiakban nem terhelik az indítási áramok.

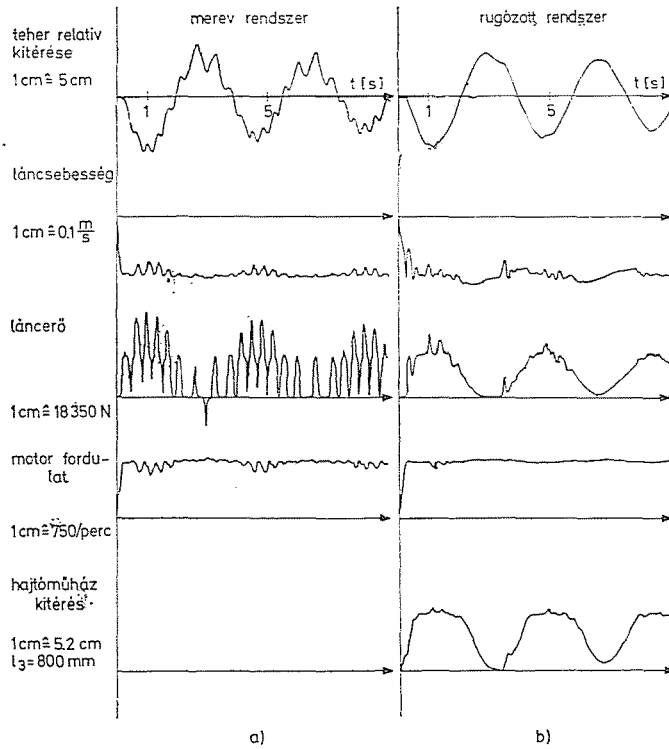
*A szerkezet módosítása*

Elvileg ide kell sorolni a lengések csökkentésének egy olyan megoldását, amely szerint az aszinkron villamos motor forgórész áramkörében levő ellenállások kiiktatási időpontjait (2/a. ábrán  $t_1, t_2 \dots$  időpontok) úgy kell megválasztani, hogy az ebből adódó periodikus gerjesztés frekvenciája távol essen a lengő rendszer saját frekvenciáitól.

Passzív lengésszigetelők beépítése a következő helyeken javasolható: Megfelelően méretezett, rugalmas tengelykapcsolót célszerű beépíteni a motor és a hajtómű közé, mert a hagyományos gumidugós tengelykapcsolókkal kapott saját frekvencia többnyire nem elég alacsony a lengésszigetelés céljára. Kapott állapotban a gumidugóknál fellépő kotyogás a lengéseket erősíti. A lágy (pl. Periflex rendszerű) tengelykapcsoló alkalmazása esetén a szomszédos, kotyogás következtében felütköző alkatrészeken az ütközés energiája kisebb lesz. A gémbillentőművek fogaslécének bekötéséhez hasonló okokból szükséges megfelelően méretezett gumirugót beépíteni.



5. ábra



6. ábra

### *A lengés mechanikai energiájának szórása*

Rugóval és csillapítással épített kétpályás konvektor hajtásegység vázlata és dinamikai modellje látható az 5. ábrán (ahol  $F$  — a motor és hajtómű rugóerő ellenében elforduló háza, valamint forgórésze között fellépő elektromágneses erő, amely a relatív sebességtől függ;  $c_1$  — a vonólánc diagrammal adott rugóállandója).

A 6/a. ábrán a hajtóműház merev megfogása, a 6/b. ábrán a rugózott hajtásegység esetére látható a rendszer mozgásának és erőhatásainak időbeli változása indításkor. A vonóláncban ébredő erő csúcserő és a lengés csillapodásának mértéke jelentős, ha megfelelően választjuk a hajtóműház kikötésének  $c_0$  rugóállandóját és  $k_0$  csillapítási tényezőjét. A lengés mechanikai energiájának szórása alkalmazható haladóművek, gémbillentőművek és forgatóművek esetében is.

### *Aktív lengéscsillapítók*

Jelenleg még csak a kísérletek folynak a haladómű rendszerek alkalmazkodó vezérlésével kapcsolatban. Ennek lényege, hogy a teher nagyságához, a horog állásához és a kívánt haladási sebességhez alkalmazkodva egy analóg vagy numerikus számítógép meghatározza a hajtóerőnek azt az időbeli lefolyási módját, amely indításkor, ill. megálláskor a teher lengéseinek kialakulását megakadályozza. Ezután megfelelő beavatkozó szerv a motor működését vezérli. A berendezést elvileg fel lehet építeni a szabályozástechnika hagyományos eszközeinek felhasználásával is. Ez a megoldás mind a daru igénybevételre, mind kezelhetősége szempontjából az ideális, de ugyanakkor a legdrágább is. A közeli jövőben feltehetően csak különleges esetekben kerül alkalmazásra (pl. konténerdaruknál).

Végezetül a vizsgálatban használt matematikai módszerekről: A feladat bonyolultsága miatt az analitikus megoldások általában nem vezetnek célra. Felhasználhatók az asztali számítógépekre írt programok, amelyek a másodrendű Runge-Kutta módszerre épülnek, ill. az analóg számítógépek. Nagyobb feladatok esetében szükség lehet nagy számítógép alkalmazására.

### **Irodalom**

1. Ludvig Gy.: Gépek dinamikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
2. Muszynska A.: Metody minimalizacji drgan. Przeglad Mechaniczny. 19 és 20 szám. (1980)
3. Keisz I.—Frank J.: A véges differencia módszer felhasználása daruk indításának vizsgálatára. IFTOMM 6. Nemzetközi Szeminárium. Miskolc, 1978.

Dr. Frank Jenő egy. adjunktus