FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

A GÉPJÁRMŰ KERÉKFELFÜGGESZTÉSEK BEN ELŐFORDULÓ CSATOLT ANHARMONIKUS REZGŐ RENDSZER VIZSGÁLATA

INVESTIGATION ON ANHARMONIC QUARTER MODEL OF VEHICLES

DEZSŐ Gergely⁽¹⁾, VARGA István⁽²⁾

(1) Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Cím: 4400 Sóstói út 31/b.
Telefon / Fax: +36-20-599400/2442, dezsog@nyf.hu

(2) Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Kar, Gépészmérnöki szak, Cím: 4400
Sóstói út 31/b. Telefon / Fax: +36-20-599400/2442, vargaistvan.rs@gmail.com

Abstract

In this paper we start from quarter model widely applied in vehicle dynamics, we replaced linear springs to so-called progressive springs, and analyzed the behaviour of the system by a numerical method. We pointed out that quarter model built up with progressive springs in case of small anharmonicity and weak excitation has a double-peak transmission function similar to the linear quarter model, with the significant difference that one of peaks has discontinuity what is typical feature of nonlinear systems.

Keywords: progressive spring, quarter model, transmission function

Összefoglalás

Dolgozatunkban a járműdinamikában elterjedten alkalmazott negyedmodellből indultunk ki, abban a lineáris rugókat ún. progresszív rugókkal helyettesítve, numerikus módszerrel vizsgáltuk a rendszer tulajdonságait. Kimutattuk, hogy a nemlineáris rugókkal felépített negyedmodell kis anharmonicitás és gyenge gerjesztés esetén a lineáris negyedmodellhez hasonló mozgásformákat mutat, de még ebben az esetben is rendelkezik a nemlineáris rendszerekre jellemző különleges tulajdonságokkal.

Kulcsszavak: progresszív rugó, negyedmodell, átviteli függvény

1. Bevezetés, célkitűzés

Napjainkban a gépjárművek fejlesztése tudományos és technikai szempontból egyaránt élénken kutatott terület. Nem csak a felhasználók kényelme, de az erős verseny, az energiaforrások szűkössége, és a fokozódó biztonsági követelmények is indokolják ezt.

A gépjárművek futóműve napjainkban már igen összetett mechatronikai rendszerre fejlődött. Működésének megértéséhez egyaránt szükségesek a mechanikai, hidrodinamikai, automatizálási, és sok esetben az informatikai ismeretek. Mégis, a futómű elsősorban mechanikai rendszer.

Érdeklődésem középpontjában azok a mechanikai alapelvek kerültek, amelyek meghatározzák egy futómű viselkedését. Ezért választottam dolgozatom témájának azokat a

lineáris és nemlineáris, egy- és két szabadsági fokú rendszereket, amelyek a gépjárművek menettulajdonságainak modellezésekor használatosak, illetve felmerülhetnek.

Célul tűztem ki az alábbiakat:

- Az általam vizsgálni kívánt dinamikai rendszerek vizsgálatához szükséges egyenletek felírását, azok átalakítását a számítógépes vizsgálatra legalkalmasabb formába.
- Olyan szoftver kifejlesztését, amely alkalmas a fázisdiagram, a stroboszkopikus leképezés és a rezonanciagörbe (átviteli függvény) numerikus számítására.
- A szoftver tesztelését olyan rendszereken, amelyek megoldása ismert.
- A nemlineáris rugókkal felépített negyedmodell mozgásainak vizsgálatát, átviteli függvényének kiszámítását.

2. A kifejlesztett szoftver felépítése

A szoftver magja egy negyedrendű Runge-Kutta módszert alkalmazó numerikus megoldó rutin. Ezt kiegészíti egy olyan szubrutin, amelyben a mozgásegyenletből származtatott autonóm (vagy általában dinamikai) rendszert lehet definiálni.

Az eredményeket egy olyan fájlba írja a program, amelynek nevét a felhasználó adhatja meg.

1. ábra. A számításokhoz használt alaprogram szerkezete

3. A mozgásegyenlet

A vizsgált rendszer vázlatát és az alkalmazott jelöléseket a 2. ábrán mutatjuk be. Az (1) mozgásegyenletet numerikusan vizsgáltuk 0...3 Hz frekvencia tartományban.

2. ábra. Az anharmonikus rugókat tartalmazó negyedmodell elvi vázlata

$$\begin{aligned}
M\ddot{x}_1 &= -k_s(x_1 - x_2) - l_s(x_1 - x_2)^3 - \beta_s(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \\
m\ddot{x}_2 &= k_s(x_1 - x_2) + l_s(x_1 - x_2)^3 + \beta_s(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) \\
&\quad -k_t(x_2 - \varphi(t)) - l_t(x_2 - \varphi(t))^3 - \beta_t(\dot{x}_2 - \dot{\varphi}(t))
\end{aligned}
\tag{1}$$

A számításokkal megkaptuk a rezgések amplitúdóját különböző gerjesztő frekvenciák esetén a rugózott és a rugózatlan tömegre is, ezt mutatják be a 3. és 4. ábrák.

3. ábra. A rugózott tömeg rezonanciagörbéje, azaz az x_1 koordináta időfüggésének amplitúdója a gerjesztő frekvencia függvényében

4. ábra. A rugózatlan tömeg rezonanciagörbéje, azaz az x_2 koordináta időfüggésének amplitúdója a gerjesztő frekvencia függvényében

Következtetések

A gépjárművek negyedmodelljének több változatát elemeztük. Felírtuk azok mozgásegyenlet-rendszerét, majd azt a számítógépes vizsgálatok számára leginkább alkalmas alakra hoztuk.

Olyan szoftvereket fejlesztettünk és alkalmaztunk, amelyek lehetővé teszik dinamikai rendszerek numerikus szimulálását. Ezek a szoftver eszközök alkalmasak a jövőben további vizsgálatokra.

A kifejlesztett szoftverek segítségével vizsgáltuk a lineáris és a nemlineáris rugókkal felépített gépjármű negyedmodell viselkedését, kiszámítottuk azok átviteli függvényét.

Kimutattuk, hogy a nemlineáris rugókkal felépített negyedmodell átviteli függvénye gyenge gerjesztés esetén a lineáris negyedmodellhez hasonlóan két maximummal rendelkezik, azonban az egyik maximum a nemlineáris rendszerekre jellemző szakadással rendelkezik.

A nemlineáris negyedmodell fázisterének vizsgálata során a gerjesztéstől függően sok elemű invariáns sokságokat találtunk a stroboszkopikus leképezésen, amelyek a fázistérben többrendű határciklusoknak felelnek meg.

Mindezek alapján elmondható, hogy a nemlineáris rugókkal felépített negyedmodell kis anharmonicitás és gyenge gerjesztés esetén a lineáris negyedmodellhez hasonló mozgásformákat mutat, de még ebben az esetben is rendelkezik a nemlineáris rendszerekre jellemző különleges tulajdonságokkal.

Irodalom

- [1] M. Csizmadia Béla, Nándori Ernő: *Modellalkotás*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2003, ISBN 963 19 4525 1
- [2] Wilfried Staudt: *Gépjárműtechnika*, „OMÁR” Könyvkiadó, Székesfehérvár, 1988, ISBN 963 85108 03
- [3] DUKKIPATI, V. R. et al. (2008): *Road Vehicle Dynamics*. SAE International, ISBN 978-0-7680-1643-7
- [4] Tél Tamás, Gruiz Márton: *Kaotikus dinamika*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002, ISBN 963 19 3280 5
- [5] Szépfalusi Péter, Tél Tamás (szerk.): *A káosz, véletlenszerű jelenségek nemlineáris rendszerekben*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982, ISBN 963 05 3208 5
- [6] James Gleick: *Káosz, egy új tudomány születése*, Göncöl Kiadó, Budapest, 1999, ISBN 963 9183 07 5
- [7] Tamás Kalmár-Nagy, Balakumar Balachandran: *Forced harmonic vibration of a Duffing oscillator with linear viscous damping*, in: I. Kovacic and M. J. Brennan (eds.): *The Duffing equation: Nonlinear oscillators and their behaviour*, First Edition, 2011 John Wiley and Sons Ltd. ISBN 978-0-470-71549-9,
- [8] http://www.scholarpedia.org/article/Duffing_oscillator, a Duffing-oszcillátor leírása, viselkedésének elemzése gyenge és erős gerjesztések esetén egyaránt
- [9] <http://www.cs.umd.edu/portfolios/marneson/Documents/Duffing.pdf> a Duffing-oszcillátor viselkedésének elemzés