

STUDIUL UNOR POSIBILITĂȚI DE CONTROL PRIN TEHNICI FUZZY AL UNUI AMORTIZOR CU LICHID MAGNETOREOLOGIC

APPROACHING THE CONTROL OF MAGNETORHEOLOGICAL FLUID DAMPER THROUGH FUZZY TECHNIQUES

CĂLIN MARIUS¹, ROȘCA RADU²

¹Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Iași

²Universitatea Tehnică Iași

Abstract. *A solution for improving ride comfort is the use of a semi-active suspension system, equipped with semi-active dampers. A semi-active damper allows the adjustment of the damping coefficient from low values to high values; the damper uses magnetorheological or electrorheological fluids. The viscosity of the fluid changes under the influence of a magnetic or electric field and thus the damping coefficient is adjusted accordingly. The paper proposes a set of linguistic parameters, as well as a set of linguistic rules to describe the behavior of a magnetorheological fluid semi-active damper. The linguistic description is proper to the human expert's approach. Fuzzy Logic Theories offer the appropriate framework to formalize the linguistic variables in view of building an automatic control system.*

DESCRIEREA PROBLEMEI

Amortizorul are rolul de a atenua oscilațiile verticale ale caroseriei autovehiculului și de a micșora astfel accelerațiile la care este supus corpul conducătorului și pasagerilor. *Caracteristică de amortizare* exprimă dependența dintre forța de rezistență și viteza de deplasare a pistonului. Amortizoarele clasice au o caracteristică de amortizare unică [3].

Utilizarea unui amortizor având caracteristică reglabilă permite, pe de o parte, obținerea unor coeficienți de amortizare diferiți pe cursa de comprimare și pe cea de destindere, iar pe de altă parte o adaptare mai bună la condițiile terenului. Evident, caracteristica de amortizare nu mai este o curbă unică, așa cum se observă și din figura 1.

Amortizoarele la care caracteristica de amortizare se modifică prin schimbarea vâscozității fluidului de lucru utilizează lichide *magnetoreologice* sau *electrereologice* [1]. Sub acțiunea câmpului magnetic sau electric, lichidul trece de la starea lichidă la cea semisolidă într-un interval de timp de ordinul milisecundelor. Fluidele electrorheologice prezintă o serie de dezavanaje (necesită intensități mari ale câmpului electric, vâscozitatea se modifică în limite restrânse și este puternic influențată de temperatură); din acest motiv, în construcția amortizoarelor semiactive se preferă utilizarea lichidelor magnetoreologice [2,3]. Lichidele magnetoreologice se prezintă sub forma unei suspensii de particule feromagnetice (cu dimensiuni de ordinul micronilor) într-un lichid (ulei mineral).

Particulele metalice reprezintă 30...40% din volumul total al lichidului magnetoreologic.

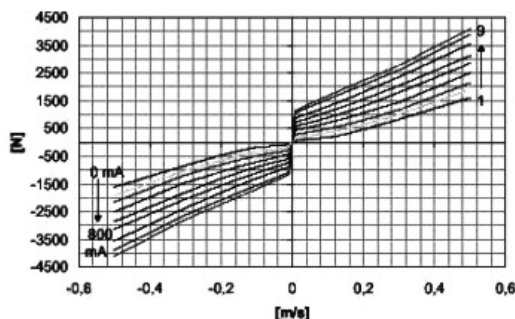


Fig. 1 - Caracteristica de amortizare

În figura 2 sunt prezentate unele detalii referitoare la construcția unui amortizor (monotubular sau bitubular) cu lichid magnetoreologic. În pistonul acestuia, prevăzut cu orificiile (3), controlate de supapele (2) și (5), se găsește bobina (4); câmpul magnetic produs de către bobină controlează vâscozitatea lichidului din amortizor.

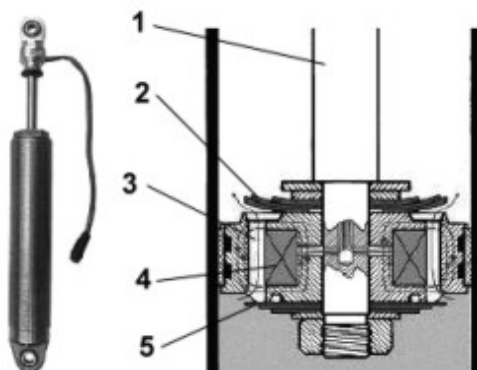


Fig. 2 - Amortizorul cu lichid magnetoreologic

Se poate spune deci că amortizorul este un sistem care are ca variabile de intrare *intensitatea curentului prin bobină* (curent) și *viteza de deplasare a pistonului amortizorului* (v_a), iar variabila de ieșire o constituie *forța de amortizare* (F_a).

În vederea controlului funcționării amortizorului ar trebui stabilită relația între cele două intrări și ieșire, dar aceasta este greu de exprimat ca o dependență funcțională. Pe de altă parte, în orice domeniu de activitate specialistul utilizează adesea termeni lingvistici în loc de valori numerice exacte și formalizări analitice. Acest lucru este valabil chiar și în domeniile tehnice în care precizia valorilor este

o condiție a funcționării corespunzătoare. Cu toate acestea, expertul uman operează absolut corect cu calificatori lingvistici cum ar fi “*temperatura este înaltă*”, “*concentrația este de aproximativ 5%*”, “*tensiunea este joasă*”. Formalizarea unor astfel de concepte lingvistice în vederea prelucrării lor computerizate poate fi făcută utilizând *Teoria Mulțimilor Fuzzy* și *Logica Fuzzy*, introduse pentru prima oară de L. A. Zadeh în 1965 [6].

O mulțime fuzzy este o aplicație $F: U \rightarrow [0, 1]$, unde U este *universul de discurs* și pentru orice $x \in U$, $F(x)$ este *gradul de apartenență* al lui x în F . O expresie lingvistică poate fi reprezentată ca o *mulțime fuzzy* al cărei univers de discurs este definit prin referire la mărimea care trebuie caracterizată (temperatură, concentrație, înălțime etc.). Din acest motiv, denumirile *termen fuzzy* și *termen lingvistic* sunt considerate echivalente. Funcția de apartenență $F(x)$ descrie gradul în care, pentru o valoare oarecare din U , afirmația lingvistică poate fi considerată adevărată. Pentru a acoperi întregul univers de discurs se pot defini mai mulți termeni fuzzy și astfel se obține o *variabilă fuzzy* [4].

Date fiind considerațiile de mai sus, se propune modelarea funcționării amortizorului magnetoreologic folosind un *sistem de inferență fuzzy* în care se utilizează conceptele furnizate de *teoria mulțimilor fuzzy* și *logica fuzzy*.

Sistemul de inferență fuzzy propus

Orice sistem de inferență operează cu un set de reguli de forma

Dacă x este A atunci y este B

Într-un sistem clasic, A și B sunt valori numerice exacte, iar care x este A și y este B sunt expresii logice clasice, cu două posibilități de răspuns: adevărat sau fals. Un astfel de sistem de raționament, primind la intrare o valoare A_0 , va examina mulțimea de reguli una câte una și o va aplica pe aceea care corespunde acestei valori, generând la ieșire valoarea corespunzătoare B_0 .

Într-un sistem de inferență fuzzy, A și B sunt mulțimi fuzzy care modelează exprimări lingvistice (*mare, mediu, înalt* etc.). Regulile sunt evaluate în paralel [5], spre deosebire de un sistem clasic de raționament unde se comută de la o regulă la alta în funcție de situația exprimată de valorile de intrare. Un avantaj important al unei astfel de abordări este că, în faza de proiectare a sistemului de inferență, expertul uman care definește regulile poate folosi terminologia lingvistică cu care operează curent, în loc de valori numerice exacte, mai greu de stabilit cu precizie.

Pentru implementarea sistemului care modelează funcționarea unui amortizor cu lichid magnetoreologic s-a folosit modulul de logică fuzzy din cadrul MATLAB®, produs software dedicat prelucrărilor de tip științific și ingineresc.

Sistemul studiat are două variabile fuzzy de intrare și una de ieșire. Intrările sunt: *curent (intensitatea curentului)* și *va (viteza de deplasare a pistonului amortizorului)*. Ieșirea este F_a (*forța de amortizare*). Toate variabilele sunt

formate din câte trei termeni fuzzy: L (Low - mic), M (Medium - mediu), H (High - mare). Acestea sunt caracterizate în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracterizarea lingvistică a mărimilor utilizate

Mărimea	Domeniul de variație	Valoarea
curent	mic (L)	0...300 mA
	mediu (M)	200...700 mA
	mare (H)	600...800 mA
viteza	mic (L)	0...0,15 m/s
	mediu (M)	0,1...0,3 m/s
	mare (H)	0,25...0,5 m/s
forța de amortizare	mic (L)	0...1300 N
	mediu (M)	1000...2500 N
	mare (H)	2000...3000 N

Există diverse posibilități de a alege tipul de curbă care definește funcția de apartenență a unui termen fuzzy; utilizatorul alege acea formă care se potrivește cel mai bine situației. Alegere se bazează pe experiența anterioară proprie, pe studii statistice, pe observații subiective etc. Astfel, pentru variabilele de intrare curent și va s-au ales termeni fuzzy construiți pe baza funcției gaussiene

$$f(x,\sigma,c)=e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}.$$

S-a ales varianta în care ramurile laterale ale funcțiilor de apartenență sunt asimetrice. Pentru ilustrare, în figura 3 este variabila de intrare curent .

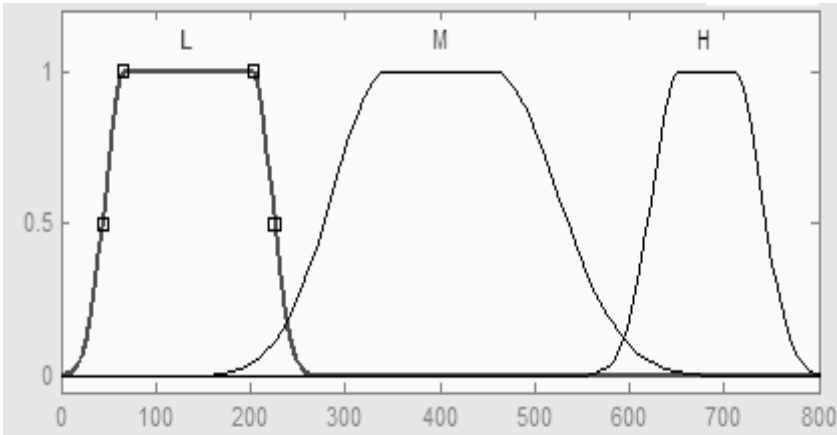


Fig. 3 - Variabila fuzzy de intrare curent

Pentru termenii lingvistici care compun variabila fuzzy de ieșire Fa s-au ales așa-numite funcții de apartenență de tip II. În figura 4 este prezentată variabila de ieșire Fa.

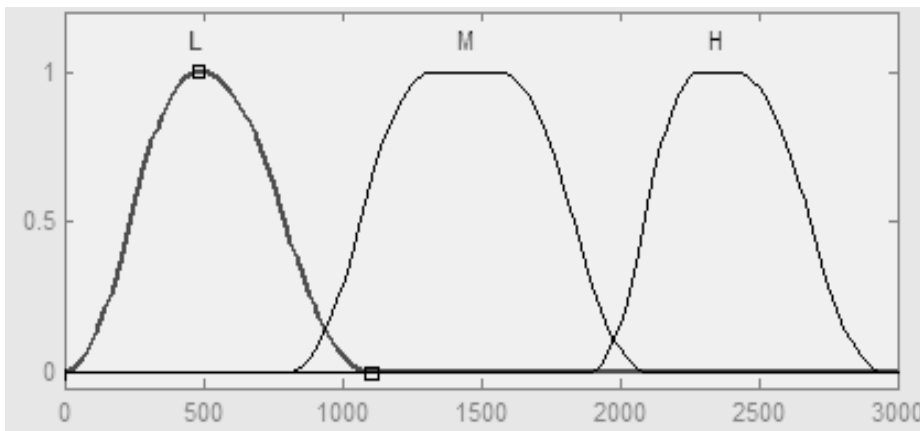


Fig. 4 - Variabila fuzzy de ieșire Fa

Rezultă nouă reguli fuzzy care sunt enumerate mai jos. Regulile au fost definite utilizând exprimările lingvistice cu care operează în mod curent specialistul.

1. If (curent is L) and (va is L) then (Fa is L)
2. If (curent is M) and (va is L) then (Fa is M)
3. If (curent is H) and (va is L) then (Fa is M)
4. If (curent is L) and (va is M) then (Fa is L)
5. If (curent is M) and (va is M) then (Fa is M)
6. If (curent is H) and (va is M) then (Fa is H)
7. If (curent is L) and (va is H) then (Fa is M)
8. If (curent is M) and (va is H) then (Fa is M)
9. If (curent is H) and (va is H) then (Fa is H)

Sistemul primește la intrare valori numerice care sunt supuse unui proces de *fuzzyficare*, apoi evaluează regulile în paralel, alegând regula dominantă în situația particulară dată. Ieșirea sistemului fiind tot o mulțime fuzzy, urmează o operație de *defuzzyficare* prin care termenii lingvistici sunt transformați în valori numerice utilizabile din punct de vedere tehnic.

Fiind vorba de un sistem cu două intrări și o ieșire, este posibilă o reprezentare grafică 3D a ieșirilor defuzzyficate în funcție de intrările aplicate. Rezultă suprafața din figura 5.

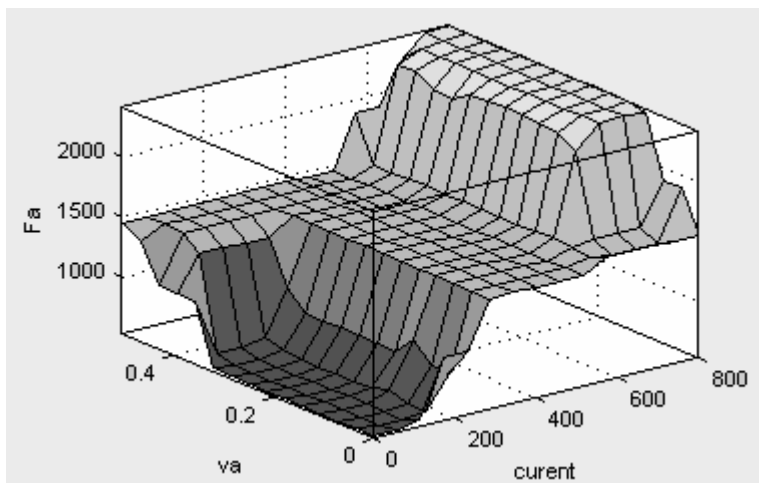


Fig. 5 - Defuzzyficarea sistemului

CONCLUZII

Utilizarea tehnicilor fuzzy în modelarea unor sisteme tehnice are în continuare o largă arie de utilizare. Sunt numeroase situațiile în care o exprimare lingvistică a mărimilor care caracterizează sistemul este mai convenabilă decât utilizarea unor valori numerice exacte. În cazul unui amortizor cu lichid magnetoreologic, această modelare permite ca în continuare să se abordeze comanda automată a funcționării dispozitivului printr intermediul unui sistem de control fuzzy.

BIBLIOGRAFIE

1. **Fenton J., 1996** - *Handbook of vehicle design analysis*. Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale PA, USA.
2. **Gillespie Th. D., 1999** - *Fundamentals of vehicle dynamics*. Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale PA, USA.
3. **Marinescu M., 2002** - *Soluții moderne în construcția de automobile*. Editura Academiei Tehnice Militare, București.
4. **Reusch B., 1996** - *Mathematics of Fuzzy Logic*. In: *Real World Applications of Intelligent Technologies* (H-J. Zimmermann, M. Negoita, D. Dascalu - editori). Editura Academiei Române, București.
5. **Thiele H., 1996** - *On the Calculus of Fuzzy If-Then Rules*. In: *Real World Applications of Intelligent Technologies* (H-J. Zimmermann, M. Negoita, D. Dascalu - editori). Editura Academiei Române, București.
6. **Zadeh L.A., 1965** - *Fuzzy sets*. Information and Control, 8:338-353.