

Protišmykový systém vozidla s Fuzzy riadením

Fuzzy control of vehicle antiskid brake system

Peter Girovský¹, Marek Kollárik²

¹peter.girovsky@tuke.sk

¹Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, 04200 Košice, Slovenská Republika

Abstrakt— Tento chceme predstaviť návrh protišmykového systému vozidla (ABS) riadeného Fuzzy regulátorom. Základom pre návrh tohto systému bol klasický systém ABS, ku ktorému bolo pridané Fuzzy riadenie pre dosiahnutie lepšieho účinku brzdenia v kritických situáciách.

Samotný návrh Fuzzy riadenia ASB pozostával z dvoch častí. V prvom kroku bolo potrebné identifikovať signály potrebné k riadeniu ABS systému a v druhom kroku navrhnuť vhodnú štruktúru Fuzzy regulátora. V závere práce sú prezentované dosiahnuté simulačné výsledky.

Kľúčové slová—ABS, Fuzzy riadenie, bezpečnostný systém vozidla

Abstract— This proposal would like to introduce the anti-skid brake system of vehicle (ABS), controlled by fuzzy controller. The basis for the design of this system has been standard ABS system, to which was added Fuzzy controller for better braking effect of the critical vehicle situations.

Verification of ABS fuzzy controller consists of two parts. In the first step, it was necessary to identify the signals necessary for driving ABS system and in a second step design the appropriate structure of fuzzy controller. In conclusion are presented obtained simulation results.

Keywords—ABS, Fuzzy control, vehicle safety system

I. ÚVOD

Z dôvodu zvyšujúceho sa počtu automobilov na cestách a z toho vyplývajúcej nehodovosti je pojem bezpečnosti cestnej premávky na prvom mieste. Hlavným cieľom bezpečnosti je ochrana zdravia a života posádky vozidla, prípadne minimalizovanie následkov nehody. Na dosiahnutie tohto cieľa sa vo vozidlách aplikujú rôzne bezpečnostné prvky, ktoré možno rozdeliť do dvoch skupín:

- Aktívne prvky bezpečnosti
- Pasívne prvky bezpečnosti

Medzi najvýznamnejšie prvky aktívnej bezpečnosti patrí brzdný systém vozidla, ktorý sa pokladá za najdôležitejší systém vo vozidle. Bezpečné zastavenie alebo spomalenie vozidla je jeden zo spôsobov, ako je možné zabrániť dopravnej nehode. [3, 4] Z tohto dôvodu sa tento článok zaoberá návrhom vylepšenia klasického ABS systému vozidla a jeho zdokonaňením zavedením prvkov umelej inteligencie, v tomto prípade zavedením Fuzzy regulátora.

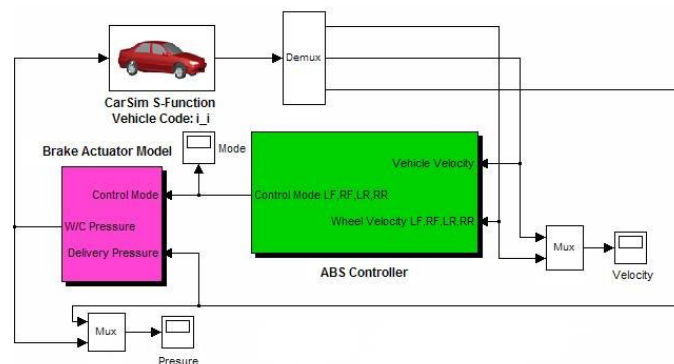
Pre splnenie tohto cieľa bola použitá kombinácia dvoch simulačných nástrojov MATLAB/Simulink a program CarSim, ktorý ponúka podrobné nastavenie parametrov vozidla a simuláciu v rôznych prostrediach. Vhodným nastavením a pripojením sa k iným programom ponúka možnosť testu správania sa

vozidla v reálnom čase. Dá sa v ňom vyskúšať riadenie vozidla v situáciách, v ktorých zlyhanie nemá deštruktívne následky a ani straty na životoch.

II. ABS SYSTÉM VOZIDLA

A. Klasický systém ABS

Základný model riadenia klasického systému ABS sa skladá z ABS regulátora - ABS Controller, a z akčného člena regulácie brzdného tlaku - Brake Actuator Model. Schéma modelu tohto systému je zobrazená na obr.1.



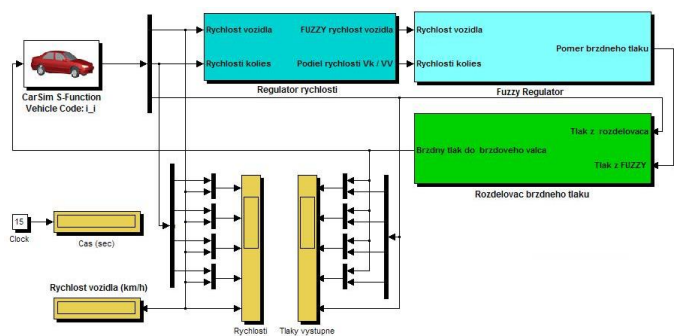
Obr. 1. Schéma modelu klasického ABS systému

Vstupom do ABS regulátora je rýchlosť vozidla a rýchlosť jednotlivých kolies. V regulátore sú spracované tieto rýchlosti a vyhodnocuje sa sklz. Výstupom z regulátora sú hodnoty od -1 do 1 v závislosti na rýchlosti a sklze. Pre zadné kolesá je to menšia hodnota z vypočítaných hodnôt.

Vstupom do regulátora brzdného tlaku je výstup z regulátora ABS t.j. hodnoty -1 až 1 pre každé koleso a tlak brzdnej kvapaliny z rozdeľovača tlaku, ktorý vzniká stlačením brzdového pedálu. Váhy regulácie pre zadné kolesá sú nastavené na hodnotu 0.4, pretože pri brzdení sa ťažisko vozidla presunie dopredu a zadné kolesá sa odľahčia. Plný brzdny tlak dodaný pre zadné kolesá spôsobí zablokovanie týchto kolies, a následne neovládateľnosť vozidla. Ak príde signál 1 (sklz je menší ako 0.05) do regulátora na výstup bude dodaný plný brzdny tlak. V prípade hodnoty signálu 0 (sklz sa pohybuje medzi 0.05 a 0.2) brzdny tlak sa preruší. Hodnota -1 (sklz je väčší ako 0.2) znamená dodanie záporného tlaku t.j. koleso sa odbrzdzuje.

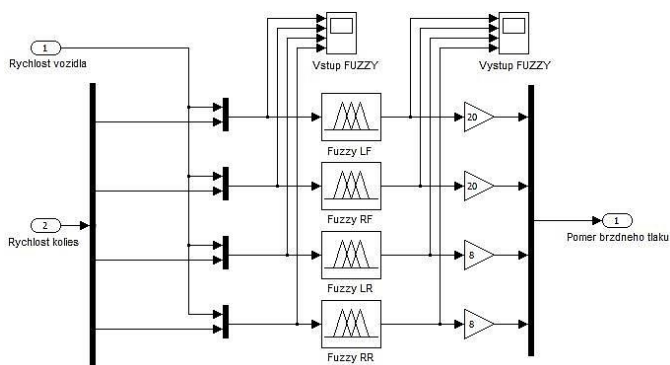
B. Návrh Fuzzy riadenia ABS

Štruktúra Fuzzy ABS systému pozostáva z regulátora rýchlosti, Fuzzy regulátora a rozdeľovača brzdného tlaku. Schéma modelu tohto systému je zobrazená na obr.2.



Obr. 2. Schéma modelu Fuzzy ABS systému

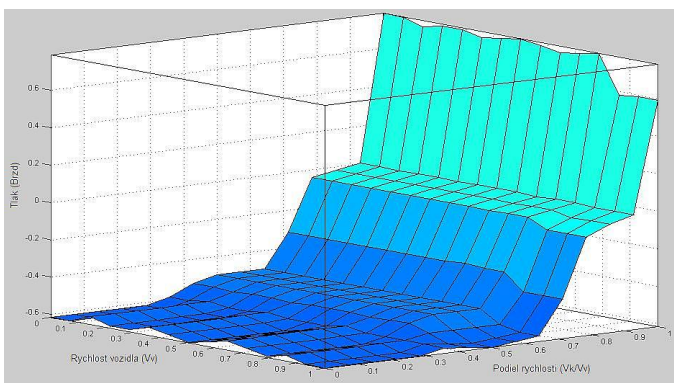
Vstupom do regulátora rýchlosti je rýchlosť vozidla a rýchlosti jednotlivých kolies. Výstupom z regulátora je rýchlosť vozidla ošetrená o konštantu, ktorá normuje rýchlosť pre vstupnú hodnotu do Fuzzy regulátora. Druhým výstupom je podiel rýchlosti kola a rýchlosti vozidla. Podielom rýchlosti vozidla a rýchlosti kolies dosiahnem rozsah hodnôt od 0 do 1. Kde hodnota 0 predstavuje odblokované koleso (sklz 0) a 1 predstavuje úplne zablokované koleso (sklz 1). Schéma Fuzzy regulátora je zobrazená na obr.3.



Obr. 3. Schéma Fuzzy regulátora ABS systému

Vstupom do Fuzzy regulátora je upravená rýchlosť vozidla a rýchlosti kolies. Odozva regulátora závisí na základe rozhodovacích pravidiel a na základe dát. Výstupná hodnota z Fuzzy regulátora je rozsah od -1 do 1. Hodnota 1 predstavuje plný brzdný tlak dodávaný pre kolesá, hodnota -1 dodávanie záporného tlaku, čo znamená, že koleso sa odbrzdzuje.

Rozhodovacie pravidlá pre nastavenie Fuzzy regulátora sú v tabuľke 1 a graf závislosti medzi rýchlosťou vozidla, podielom rýchlosti kolies a a výsledným tlakom je na obr.4.



Obr. 4. Graf závislosti vstupných a výstupnej premennej vo Fuzzy regulátore

TABUĽKA I ROZHODOVACIE PRAVIDLÁ FUZZY REGULÁTORA

		Rýchlosť vozidla				
		Malá	Nízka	Stredná	Vysoká	Veľmi vysoká
Podiel rýchlosti kola a vozidla	Malý	[VZ]	[VZ]	[VZ]	[VZ]	[VZ]
	Nízky	[Z]	[Z]	[Z]	[Z]	[VZ]
	Stredný	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	Vysoký	[K]	[K]	[K]	[K]	[K]
	Veľmi vysoký	[VK]	[VK]	[VK]	[VK]	[VK]

[VZ] – Veľmi záporný

[Z] – Záporný

[N] – Nulový

[K] – Kladný

[VK] – Veľmi kladný

Vstupom do rozdeľovača je vypočítaný tlak z Fuzzy regulátora ohraničený hornou hodnotu 15 MPa a tlakom z rozdeľovača brzd vozidla. Modul zisťuje, či bol stlačený brzdný pedál, čo sa prejaví nárastom tlaku z rozdeľovača.

III. SIMULAČNÉ VÝSLEDKY

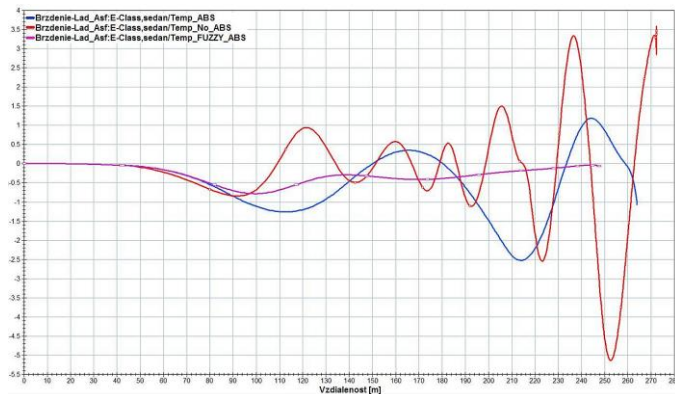
Pre otestovanie navrhnutého Fuzzy riadenia bolo odsimulované vozidlo vyššej strednej triedy s nezávislým zavesením kolies pri dvoch rôznych situáciách a to nasledovnými testami:

- Test na kombinovanom povrchu
- Test slalomu

Výsledky jednotlivých testov sú zobrazené nižšie.

A. Test na kombinovanom povrchu

Test bol vykonaný na rovnej vozovke s rôznou hodnotou priľnavosti pri rýchlosti vozidla 130 km/h. Ľavý pruh s hodnotou priľnavosti 0.2 a pravý 0.5. Vozovka predstavuje zľadovatený povrch. Vozidlo sa nachádza v strede cesty. Ľavé kolesá zasahujú do ľavého zľadovateného pruhu, pravé do pravého klzkého pruhu.



Obr. 5. Graf priebehu trasy vozidla počas testu na kombinovanom povrchu

Výsledky tohto testu sú zobrazené na obr.5 a v tab.2. Na obr.5 je fialovou čiarou zobrazený priebeh trasy vozidla s

Fuzzy ABS, modrou čiarou priebeh trasy vozidla s klasickým ABS a červenou čiarou priebeh trasy vozidla bez ABS.

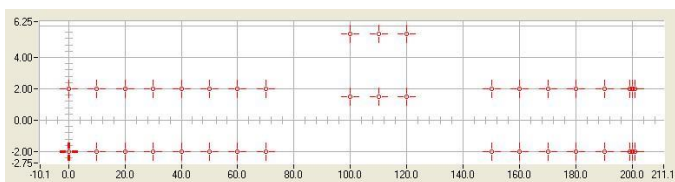
TABULKA II VÝSLEDKY TESTU NA KOMBINOVANOM POVRCHU PRI RÝCHLOSTI VOZIDLA 130KM/H

Systém brzdienia	Bez ABS	Klasické ABS	Fuzzy ABS
Čas zastavenia [s]	13.23	15.55	12.43
Vzdialenosť [m]	272.21	263.83	247.56

Z testu vyplýva, že najstabilnejšie bolo vozidlo so systémom Fuzzy ABS. Prešlo najkratšiu vzdialenosť, zastavilo ako prvé a vychýlilo sa z daného smeru na konci testu iba o 6 cm. Ostatné dve vozidlá v danom teste dostali šmyk a začali sa otáčať, lepšie však dopadlo vozidlo s klasickým systémom ABS, ktoré síce dostalo tzv. „hodiny“, ale udržalo sa na vozovke.

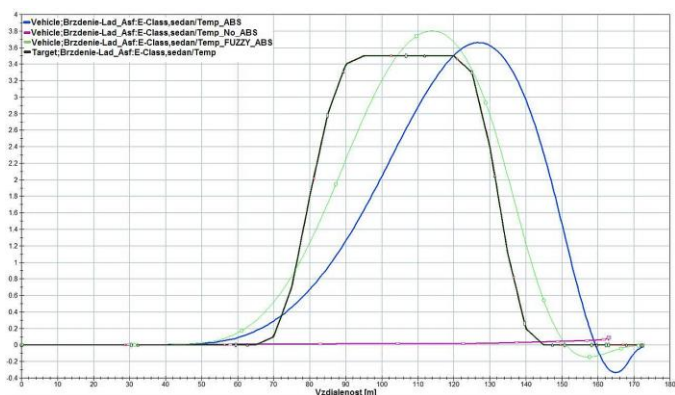
B. Test slalomu

Test na povrchu s nízkou hodnotou priľnavosti pri rýchlosti 130km/h simuluje situáciu, pri ktorej je nutné manévrovanie vozidla za prudkého brzdienia. Situácia môže nastať v prípade, ak sa počas jazdy nečakane objaví pred vozidlom prekážka. Situácia bola simulovaná rozmiestnením dopravných kužeľov na ceste podľa obr.6.



Obr. 6. Rozmiestnenie kužeľov na testovacej ploche

Rozmiestnenie kužeľov je každých 10 metrov, oproti sebe 4 metre do vzdialenosti 70 metrov. Vo vzdialenosti 100 metrov sú kužele posunuté o 3.5 metra vľavo na vzdialenosť 20 metrov. Od vzdialenosti 130 metrov sú kužele rozmiestnené ako na začiatku dráhy. Výsledky tohto testu sú zobrazené na obr.7 a v tab.3.



Obr. 7. Graf priebehu trasy vozidla počas testu slalomu

Na obr.7 je zelenou čiarou zobrazený priebeh trasy vozidla s Fuzzy ABS, modrou čiarou priebeh trasy vozidla s klasickým ABS a fialovou čiarou priebeh trasy vozidla bez ABS. Čiernou čiarou je zobrazená požadovaný priebeh trasy pre vozidlo.

TABULKA III VÝSLEDKY TESTU SLALOMU PRI RÝCHLOSTI VOZIDLA 130KM/H

Systém brzdienia	Bez ABS	Klasické ABS	Fuzzy ABS
Čas zastavenia [s]	8.15	8.8	8.58
Vzdialenosť [m]	162.93	172.66	172.43

Z testu slalomu pri rýchlosti 130 km/h vidno, že rýchlejšie zastavilo vozidlo so systémom Fuzzy ABS a taktiež prešlo najkratšiu dráhu oproti vozidlu s klasickým ABS. Na konci testu toto vozidlo malo najmenší priečný odklon od plánovanej trasy. Vozidlo s klasickým systémom ABS nemalo takú manévrovaciu schopnosť ako vozidlo s Fuzzy ABS a pri obchádzaní kužeľov narazilo pravou aj ľavou časťou do prekážky. Vozidlo bez systému ABS síce zastavilo najrýchlejšie a taktiež prešlo aj najkratšiu dráhu, ale stratilo schopnosť manévrovať pri prudkom brzdení a išlo rovno.

IV. ZÁVER

Možnosťou nastavenia regulácie a správania sa vozidla v rôznych podmienkach sa otvára spôsob, ktorým sa lacnejšie dá otestovať vozidlo v rôznych situáciách. V tomto článku bol prezentovaný návrh systému ABS pomocou Fuzzy regulátora. Jeho nastavením sa dosiahli dobré manévrovacie schopnosti vozidla pri brzdení na klzkom povrchu, ako aj pri vysokej rýchlosti a vyhýbaní sa prekážke. Fuzzy regulátor reagoval rýchlo a vozidlo sa udržalo na predpísanej dráhe. Dobré je to vidieť v teste pri rôznych povrchoch vozovky. Tento systém bol testovaný na vozovke s priľnavosťou 0.5.

Prínos tohto systému je v jeho variabilnosti nastavenia Fuzzy regulátora. Jeho prestavením prípadne doplnením iných častí sa tento systém môže rozšíriť o iné systémy riadenia vozidla aktívnej bezpečnosti ako ESP, BAS, ASR a pod.

POĎAKOVANIE



Vďaka za podporu projektu VaV operačného programu, Centrum excelentnosti výkonných elektronických systémov a materiálov pre ich komponenty II. No. OPVaV-2009/2.1/02-SORO, ITMS 26220120046 financovaného Európskym fond regionálneho rozvoja (ERDF).

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Mechanical Simulation Corporation. Brake System with Boost and Thermal Effects. [CarSim help].
- [2] Keshmiri, Roozbeh a Shabri, Alireza Mohamad. Intelligent ABS Fuzzy Controller for Diverse Road Surfaces. Research Gate. [Online] 2007. <http://www.researchgate.net/publication/228883550>.
- [3] Mareš, Albert. AKTÍVNE A PASÍVNE PRVKY BEZPEČNOSTI AUTOMOBILOV. Archív: Transfer inovácií. [Online] 2003. <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/6-2003/pdf/193-194.pdf>. ISBN 80 – 8075 – 075 – X.
- [4] Ing. Maxim, Vladislav, Csc., prof. Ing. Kováč, Jozef, Csc. a Ing. Kudláč, Euboš. SYSTÉM ABS (ANTILOCK BRAKE SYSTEM) V MOTOROVÝCH VOZIDLÁCH. [Online] august 2005. [Dátum: 19. marec 2013.] <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/8-2005/pdf/162-165.pdf>.

P. Girovský sa narodil v roku 1979 vo Vranove nad Topľou. V roku 2003 získal titul Ing. a v roku 2009 získal titul PhD. na Fakulte elektrotechniky a informatiky TU v Košiciach v odbore Silnoprúdové inžinierstvo. V súčasnosti pracuje ako odborný asistent na Katedre elektrotechniky a mechatroniky FEI TU v Košiciach.