

Simulácie brzdzenia vozidla

Matej Juraj · Elektrotechnika, Študentské práce

14.07.2010



Príspevok pojednáva o simulovaní brzdeného vozidla s proti blokovacím ABS ako aj bez neho. Na vytvorenie matematického modelu vozidla museli byť analyzované priebehy ideálnych a skutočných brzdných síl na prednej a zadnej náprave počas brzdného manévru. Brzdny účinok vozidla je simulovaný na rovnej ceste bez a so systémom ABS.

V príspevku je analyzovaný brzdný účinok vozidla aj na rozdielnych jazdných povrchoch pre ľavú a pravú stranu vozidla, ako aj správanie sa vozidla počas takejto situácie.

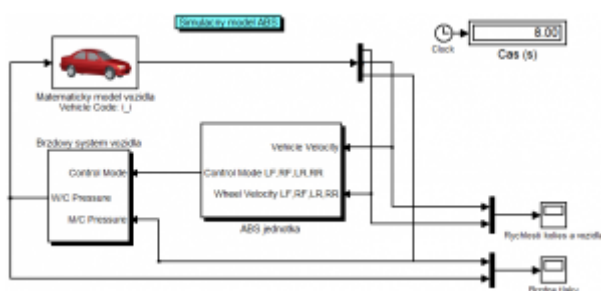
1 Úvod

Brzdové systémy sú základným prvkom aktívnej bezpečnosti. Už prvé automobily boli vybavené brzdami, ktorých účinnosť bola oproti súčasným automobilom nepatrná. Postupom času, ako sa automobily stávali výkonnejšie a ich hmotnosť rástla, vznikala potreba stále výkonnejších brzdových systémov. Súčasné požiadavky kladené na bezpečnosť automobilov sú na takej úrovni, že čisto mechanické riešenia ich neboli schopné uspokojiť.

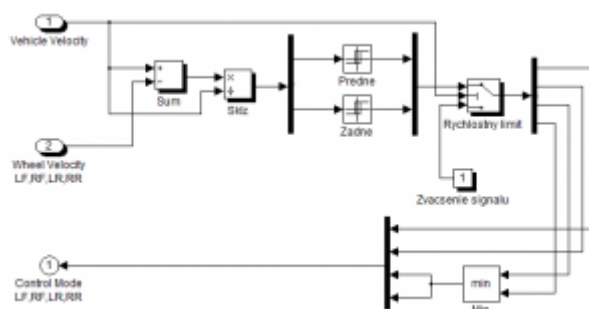
Preto sa začali do automobilov montovať elektronické systémy, ktoré zabezpečujú jazdnú stabilitu aj pri prudkom brzdení a umožňujú korigovať smer jazdy. Elektronické systémy umožňujú aj menej skúsenému vodičovi za každých poveternostných okolností udržať auto stabilné pri brzdení a tak výraznou mierou prispievajú ku zvýšeniu aktívnej bezpečnosti a aj komfortu vodiča počas jazdy.

2 Tvorba simulačného modelu

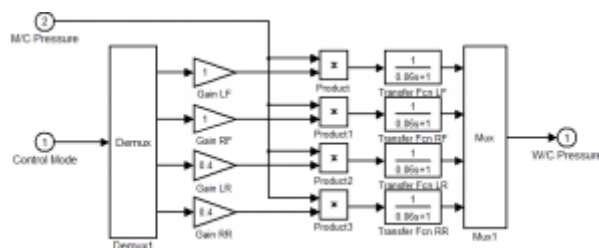
Z hľadiska regulácie predstavuje schéma ABS riadiaci systém zo spätnou väzbou od snímačov kolies, ktorý na základe merania spomalenia kolies riadi brzdný tlak, aby nenastalo blokovanie brzdíacich kolies.



Obr.1 Základná schéma regulačného obvodu ABS



Obr.2 Jednotka ABS



Obr.3 Brzdový systém vozidla

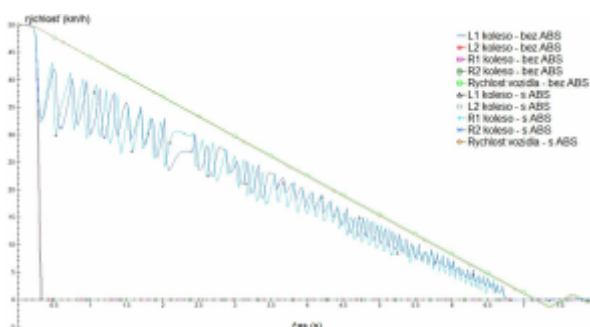
3 Simulácia brzdzenia pri priamočiarej jazde bez a s ABS

Automobil: Simulácia prebiehala na automobiloch vyššej strednej triedy, z ktorých bol jeden vybavený štvorokruhovým systémom ABS a druhý nemal ABS. Systém ABS sa deaktivuje, keď rýchlosť automobilu klesne pod 3 km/h. Ich brzdové mechanizmy vyvíjali brzdny moment 400 Nm. Pohotovostná hmotnosť je zvolená na 1650 kg a rázvor náprav 3048 mm. Rozloženie hmotnosti je 890 kg na prednú nápravu a 760 kg na nápravu zadnú. Dynamický polomer kolies je odpovedajúci pneumatikám s označením 225/60 R18.

Trať: Rovný priamy úsek cesty pokrytý ľadom s konštantným súčiniteľom priľnavosti $\mu = 0,2$.

Priebeh brzdzenia: Brzdzenie z rýchlosti 50 km/h, pri vozidle bez ABS brzdným tlakom 15 MPa. Oba automobily začali brzdiť 0,2 sekundy po začiatku simulácie, mali rovnakú počiatočnú rýchlosť a boli to úplne identické automobily okrem brzdového systému.

Ako dva výstupné priebehy zo simulácie sú zvolené rýchlosti kolies automobilov a brzdné tlaky na jednotlivých kolesách, pretože z nich je najlepšie viditeľná činnosť systému ABS.



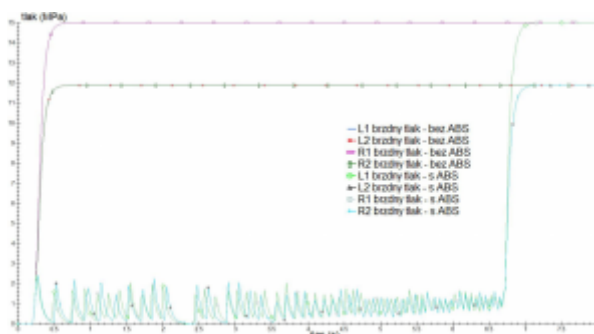
Obr.4 Graf závislosti rýchlosti kolies a vozidiel od času pri brzdení

Z obr.4 je vidno závislosť rýchlosti kolies aj simulovaného vozidla v závislosti od času. Obe vozidlá začali brzdiť v čase 0,2 sekundy po spustení simulácie. Z rýchlostí kolies pre automobil bez ABS je zrejmé, že v čase 0,3 sekundy už všetky kolesá boli zablokované. Takmer okamžite po zahájení brzdenia sa teda automobil bez ABS kvôli blokovaníu kolies stáva neovládateľný.

Vďaka rovnému povrchu vozovky sa automobil pohybuje naďalej vo zvolenom smere, teda nezväčšuje svoju smerovú odchýlku. Ak by však vodič chcel zmeniť smer jazdy, so zablokovanými kolesami by to nebolo možné, pretože ako je známe súčiniteľ prílnavosti v priečnom smere je takmer nulový a kolesá tak nie sú schopné prenášať žiadne priečne sily.

Automobil vybavený systémom ABS má úplne rozdielne priebehy rýchlosti kolies. Kvôli voľbe farieb a vzájomnému prekryvaniu rýchlostí kolies je z obr.4 najlepšie vidieť rýchlosti kolies na pravej strane vozidla. Rýchlosti kolies pre ľavú stranu sú úplne identické a preto v grafe splývajú. Simulácia potvrdila teoretické predpoklady. Kolesá sa so systémom ABS nikdy nezablokovali a tak umožňovali vodičovi ovládať automobil aj počas maximálneho brzdenia.

Brzdne tlaky sú zobrazené na obr. 5. Brzdne dráhy oboch automobilov boli približne rovnaké, pretože pre jednoduchosť v simulácii mala vozovka rovnaký súčiniteľ prílnavosti pre všetky hodnoty sklzu kolies.



Obr.5 - Graf závislosti brzdnych tlakov od času pri brzdení

Na obr.5 je vyjadrená závislosť brzdnych tlakov na brzdených kolesách od času. Pri stlačení brzdového pedálu rastie brzdny tlak na vozidle bez ABS prudko hore, pokiaľ nedosiahne požadovanú hodnotu 15 MPa pre prednú nápravu. Zadná náprava musí mať nižší brzdny tlak, ktorý je obmedzený regulátorom brzdneho tlaku na cca. 12 MPa, aby nedochádzalo k prebrzdenu zadnej nápravy, teda k vyvinutiu väčšej skutočnej brzdnej sily ako je ideálna pre dané spomalenie.

Potrebu regulovať brzdny tlak na nápravách je téma analýz brzdnych síl, z ktorých vychádzame pri tvorbe simulácií. Automobil bez ABS dosiahne požadovaný brzdny tlak určený tlakom vodiča na brzdový pedál bez akejkoľvek spätnej väzby od kolies. Pokiaľ vodič nespozoruje blokovanie kolies a nezmenší brzdny tlak, kolesá začnú preklzovať.

Na rozdiel od toho systém ABS sleduje sklz kolesa a zaraďuje do brzdového systému regulačný ventil, ktorý reguluje potrebný brzdny tlak, aby nedošlo k blokovaníu kolies. Z obr. 5 je dobre viditeľné, že maximálny brzdny tlak pre zvolené adhézne podmienky nebol 15 MPa, ale v špičkách dosahoval maximálne 2MPa. Toto je hodnota brzdneho

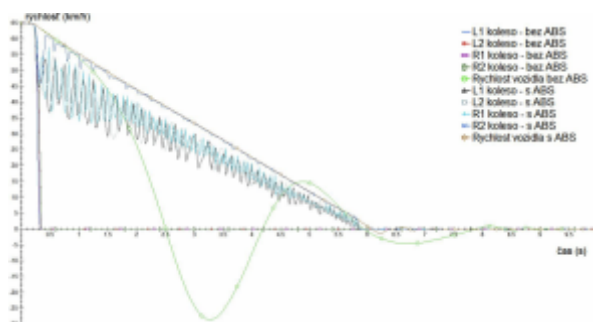
tlaku, pri ktorej už dochádzalo k nadmernému spomaľovaniu kolies a vzniku rizika ich preklzovaniu.

Preto je brzdný tlak obmedzený, čím sa umožnilo odvalovanie koleasa približne s 20% sklzom, pri ktorom v praxi brzdené koleso využíva maximálny súčiniteľ príľnavosti v pozdĺžnom smere a dokáže tak preniesť najväčšiu brzdnú silu a zachovanie ovládateľnosti automobilu, pretože pri takomto sklze pneumatík je stále dostatočne veľká hodnota aj súčiniteľa príľnavosti v priečnom smere zabezpečujúca prenos bočných síl.

4 Simulácia brzdzenia na vozovke s rozdielnymi povrchmi

Trat': Rovný priamy úsek cesty na jednej strane s povrchom s konštantným súčiniteľom príľnavosti $\mu = 0,2$ a na druhej strane s povrchom s konštantným súčiniteľom príľnavosti $\mu = 0,5$. Automobily sa na začiatku simulácie pohybujú ľavými kolesami $\mu = 0,2$ (veľmi klzký povrch) a pravými kolesami po vozovke s $\mu = 0,5$ (menej klzký povrch).

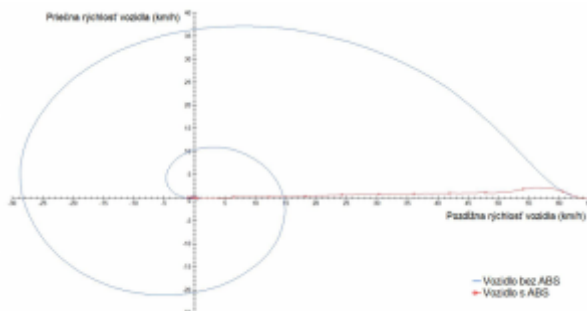
Priebeh brzdzenia: Brzdzenie z rýchlosti 65 km/h pri vozidle bez ABS s brzdným tlakom 15 MPa. Oba automobily začali brzdiť 0,2 sekundy po začiatku simulácie, mali rovnakú počiatočnú rýchlosť a boli to úplne identické automobily okrem brzdového systému.



Obr. 6 – Graf závislosti rýchlosti kolies a vozidiel od času pri brzdení na rozdielnych povrchoch

Na obr.6 je znázornený graf závislosti rýchlosti kolies a rýchlosti automobilu pri brzdení na vozovke s rozdielnymi povrchmi. Pri vozidle s ABS, ktoré dokáže regulovať brzdné tlaky na každom kolese zvlášť je vozidlo aj počas brzdzenia ovládateľné a stabilné.

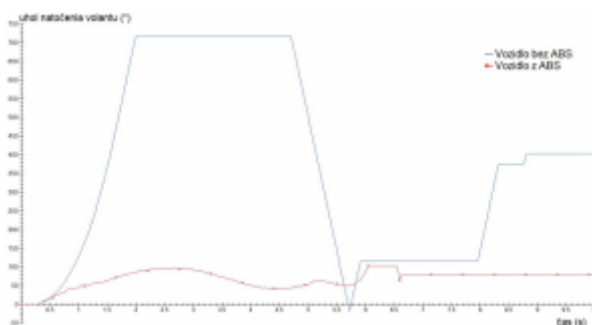
Pri vozidle bez ABS krátko po zablokovaní kolies, z dôvodu rozdielneho súčiniteľa príľnavosti na pravej a ľavej strane vzniká stáčavý moment, ktorý udeľuje vozidlu rotáciu okolo zvislej osi. Podľa zelenej krivky z obr.6 vidíme, že automobil zastavil podstatne neskôr ako automobil vybavený ABS. Neovládateľnosť a nestabilita automobilu pri brzdnom účinku bez ABS približujú nasledovné priebehy na obr. 7 a obr.8.



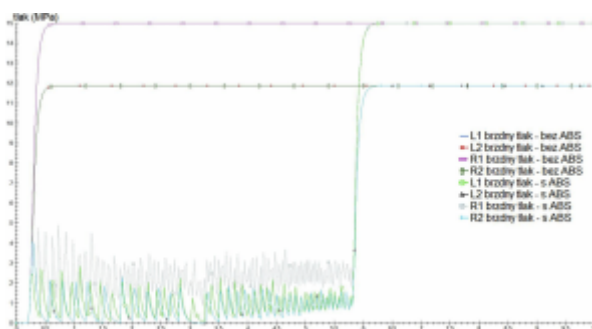
Obr. 7 – Graf závislosti priečnej a pozdĺžnej rýchlosti vozidla

Priečnym smerom je označený smer kolmý na pohyb vozidla. Graf na obr.7 vypovedá o tom, že automobil vybavený ABS sa počas celého brzdného manévru pohyboval priamočiari. Jeho zakolísanie pri brzdení, čo je zobrazené miernym nárastom priečnej rýchlosti, je neporovnateľne menšie ako pri simulácii bez ABS.

Vozidlo bez ABS sa takmer okamžite dostáva do nestabilnej situácie, z ktorej nedokáže zabrániť ani korekcia natočenia kolies. Ako je vidno z grafu na obr.8, vozidlo s ABS vyžaduje minimálnu korekciu natočenia kolies zo strany vodiča.



Obr. 8 Graf závislosti uhla natočenia volantu od času



Obr. 9 Graf závislosti brzdnych tlakov od času pri brzdení na rozdielnych povrchoch

Na obr.9 vidíme závislosť brzdnych tlakov na kolesách automobilu s a bez systému ABS pri brzdení na rozdielnych povrchoch. Keďže automobil bez ABS má za cieľ dosiahnuť brzdny tlak 15 MPa na prednej a cca. 12 MPa na zadnej náprave, zmena povrchov pod kolesami sa na grafe závislosti brzdnych tlakov nezobrazí. Pribeh brzdnych tlakov na aute bez ABS má rovnaký tvar nehladiac na jazdný povrch.

Zaujímavým je však priebeh brzdnych tlakov na ľavom prednom (L1) a pravom prednom (R1) kolese. Na pravej strane automobilu je vozovka z väčším súčiniteľom príľnavosti a preto je pneumatika schopná preniesť väčšiu brzdnu silu ako na ľavej strane. Z grafu je jasne viditeľné, že brzdne tlaky na R1 sú výrazne väčšie ako na ľavej

strane. Vďaka tejto individuálnej regulácii je možné minimalizovať brzdnú dráhu pri zachovaní ovládateľnosti automobilu.

5 Záver

Tento príspevok je venovaný simuláciám brzdeného vozidla s použitím systému ABS ako aj bez ABS. Sú tu namodelované dva prípady brzdenia na vozovke so zníženým súčiniteľom priľnavosti. V prvom prípade je celá vozovka klzká ($\mu = 0,2$) a pohybujú sa po nej dve vozidlá. Jedno vybavené s ABS a druhé nie. V druhej simulácii je vozovka pozdĺžne rozdelená na klzkú ($\mu = 0,2$) a menej klzkú časť ($\mu = 0,5$). Činnosť a výhody systému ABS sú prezentované na týchto dvoch simulačných prípadoch. K vykonaniu prezentovaných simulácií predchádzala hĺbková analýza prenesiteľných, ideálnych a skutočných brzdných síl na prednej a zadnej náprave pri rôznych spomaleniach vozidla.

Spoluautorom článku je Juraj Bebjak
