

System pro změnu adhezní síly u silničního experimentálního vozidla

Petr Jilek¹
Ivo Šefčík²

¹ Katedra dopravních prostředků a diagnostiky; Univerzita Pardubice. Studentská 95, 532 10 Pardubice; petr.jilek@upce.cz

² Katedra dopravních prostředků a diagnostiky; Univerzita Pardubice. Studentská 95, 532 10 Pardubice; petr.jilek@upce.cz

Grant: SGS_2018_023

Název grantu: Realizace elektro-hydraulického ovládání skluzového podvozku experimentálního automobilu II

Oborové zaměření: JR - Ostatní strojírenství

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

Abstrakt Článek pojednává o řízeném ovlivnění adhezní síly ve styku kola silničního vozidla s vozovkou. V první části je uveden způsob, jakým je dosaženo snížení adhezní síly. Následuje seznámení s experimentálním vozidlem s Alternativním SkidCarem, na kterém se realizovaly experimentální měření, vzájemné zhodnocení výhod a nevýhod experimentálního vozidla s Alternativním SkidCarem a jízdy na kluzném povrchu metod experimentálních zkoušek. Cílem článku je zjištění, jak velký je rozdíl v chování vozidla, když se adhezní síla mění za pomoci změny radiální reakce a za změny součinitele adheze.

Klíčová slova silniční vozidlo, adheze, pneumatika, adhezor, experimentální vozidlo

1. ZMĚNA ADHEZNÍ SÍLY

Velikost adhezní síly přenášené mezi pneumatikou silničního vozidla a vozovkou je možné měnit za pomoci změny součinitele adheze nebo za pomoci změny radiální reakce přenášené vozidlovým kolem. V předkládaném článku jsme se zabývali snížením adhezní síly u experimentálního vozidla tak, abychom byli schopni přivést vozidlo do ke smyku již při tzv. bezpečné rychlosti. Požadavek na přivedení vozidla ke smyku při nízké – bezpečné rychlosti byl vyvolán požadavky na katedře.

System SkidCar

Výrobcem je společnost Cedergrens Klintehamn Sweden [3]. Jedná se o elektrohydraulický kolový rám, jenž umožňuje jedoucímu vozidlu dosáhnout různých adhezních podmínek. Rám je připevněn k automobilu a pomocí elektronicky řízeného hydraulického okruhu umožňuje dílčí odlehčení přední nápravy nebo zadní nápravy nebo obou náprav současně, a to v libovolném rozsahu. Při bližším seznámením s nabízenými rámy jsme zjistili, že je možné SkidCar použít jen s vybranými vozidly. Proto jsme přistoupili k navržení rámu pro experimentální vozidlo. Jelikož jsme provedli úpravy na rámu oproti komerčně dostupnému systému, používáme název Alternativní SkidCar. Hlavní rozdílnost je v mechanickém způsobu změny radiální reakce na vozidlových kolech. Současně jsme umístili přední kola Alternativního SkidCaru za osu přední nápravy vozidla, jak je uvedeno na z Obr. 1. Takto jsme dosáhli toho, že karoserie vozidla se snáze kloní než u komerčního SkidCaru.



Obrázek 1 Experimentální vozidlo s Alternativním SkidCar (autor)

Výhody:

- spolehlivý s minimálním opotřebením,
- možnost plynule nastavitelné trakce pro libovolnou nápravu,
- možnost měnit adhezivní podmínky během jízdy,
- možnost uložení adhezivního nastavení pro opakovatelné zkoušky,
- zachovává v činnosti elektronické systémy automobilu,
- komunikace nenesou žádné optické a jiné informace o změně adhezivních podmínek,
- možnost uložení adhezivního nastavení pro opakovatelné zkoušky,
- lze použít u vozidel s přední, zadní i s oběma hnacími nápravami,
- takřka nemožnost převrácení automobilu,
- možnost použít libovolné pneumatiky,
- je zajištěna opakovatelnost adhezních podmínek při různých zkouškách.

Nevýhody:

- systém není možné použít na libovolný automobil,
- vozidlo je po stranách doplněno pomocnými koly – větší šířka zkoušeného automobilu negativní vlastnost při jízdách manévrech,
- karoserie automobilu připevněna k rámu SkidCar – není umožněn náklon hmot odpružených vůči hmotám neodpruženým, neklopí a nepředklání se karoserie při jízdách manévrech,
- ve vozidle je slyšet činnost elektrohydraulického agregátu a elektromagnetů, řidič je upozorněn na změnu adhezivních podmínek,
- nárůst hmotnosti automobilu a snížení výškové souřadnice těžiště automobilu,

- potřeba relativně rovného povrchu o dostatečných rozměrech dle uvažovaného testování,
- změna odporu valení a směrových vlastností pneumatiky kola vlivem snížení radiální reakce přenášené kolem.

Kluzný povrch

Je v podstatě úsek asfaltu s naneseným speciálním nátěrem, nebo kluznou folií, který při svém zkráplení mění svůj součinitel adheze obdobně jako skluzná folie. Skluzný povrch (Obrázek 2) může být umístěn jak v přímém směru, tak i v zatáčce a to dle požadavku na jízdní zkoušku. Skluzná plocha může být realizována v podobě souvislé plochy, případně se skokově střídajícími se prvky s vyšší a nižší hodnotou součinitele adheze. Tyto dílčí plochy mohou být provedeny v podobě pásů (příčných nebo podélných k pohybu vozidla) nebo v podobě šachovnice, kdy kola téže nápravy jsou v daný okamžik vždy na rozdílném součiniteli adheze.



Obrázek 2 Experimentální vozidlo na kluzném povrchu

Výhody:

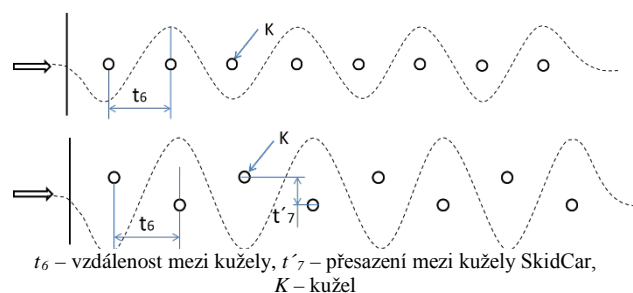
- nulové úpravy automobilu,
- použitelnost jakéhokoli sériového automobilu nebo prototypu,
- možnost použít libovolné pneumatiky,
- stav vozovky se velmi blíží reálným podmínkám,
- nezmění se rozměrové ani hmotnostní parametry automobilu,
- lze použít u vozidel s přední, zadní i s oběma hnacími nápravami,
- do jisté míry je zajištěna opakovatelnost adhezních podmínek při různých zkouškách.

Nevýhody:

- nutnost dodatečné úpravy zkoušeného povrchu,
- nutnost obnovy/výměny zkoušeného povrchu,
- možnost realizovat zkoušky pouze za teplot vyšších jak +1 °C,
- potřeba zajistit neustálé skrápění zkoušeného prostoru,
- řidič pomocí zrakového vnímání je schopen identifikovat povrch s rozdílnou adhezí,
- není možná plynulá změna adhezivních podmínek,
- přesně daná hodnota součinitele adheze,
- není možné dosáhnout rozdílného součinitele adheze pro jednotlivé nápravy ani kola.

2. JÍZDNÍ ZKOUŠKA

Jako jízdní zkoušku jsme volili slalomovou zkoušku. Podstatou zkoušky je, aby vozidlo projelo vytyčeným koridorem mezi kužely s předem definovanou rychlostí. Za tuto rychlost volíme maximální rychlost, při které se dá projet vytyčený koridor na kluzném povrchu. Provedení jízdních koridorů pro experimentální zkoušku Alternativního SkidCaru a jízdní zkoušku na kluzném povrchu jsou patrné z Obr. 3. Jízdní zkoušky pro Alternativní SkidCar jsme realizovali pro velikost 50% radiální reakce na vozidlových kolech.



Obrázek 3 Koridor pro slalomovou zkoušku pro kluzný povrch a Alternativní SkidCar (autor)

Měřené veličiny

Rychlost v , úhel směrové úchytky φ a rychlost stáčení vozidla ω jsme měřili pomocí snímače Correvit. Úhel natočení volantu β_v jsme zjišťovali přes analogový lankový snímač polohy. Příčné a_y a podélné a_x zrychlení za pomoci snímače zrychlení a úhel klopení karoserie β_i za pomoci dvojice ultrazvukových snímačů vzdálenosti umístěných v těžištní rovině po stranách vozidla [2].

Pro měření charakteristik experimentálního automobilu jsme využili měřicího systému, který je ve vlastnictví Výukového a výzkumného centra v dopravě, který jsme doplnili o snímač úhlu natočení volantu. Za snímač pro měření rychlosti vozidla jsme použili snímač Correvit S-CE, který současně měří obě složky rychlosti. Jak dopřednou rychlost v_x , tak i boční rychlost v_y . Pro měření rychlosti stáčení automobilu jsme využili optický gyroskop VG910S, pracující na principu Sagnacova efektu. Gyroskopický snímač stáčivé rychlosti je součástí snímače rychlosti Correvit S-CE. Pro měření zrychlení experimentálního vozidla při jízdních zkouškách jsme využili tříosý snímač zrychlení iMEMS typu ADXL311. Snímač jsme za pomoci podkladové desky pevně přišroubovali ke středovému tunelu vozidla. Klonění karoserie jsme měřili za pomoci dvojice ultrazvukových snímačů HL2 a HP2. Snímač HL2 jsme umístili na držák na přední vozidla a snímač HP2 jsme umístili na speciálně vytvořený držák na zádi vozidla.

Úhel klopení karoserie jsme vypočetli dle vztahu (1), kde H_{3i} (H_{4i}) je vzdálenost měřicího místa na levé (pravé) straně karoserie a to v předepsané vzdálenosti od vozovky v čase t_i , B_x je vzájemná vzdálenost měřicích bodů v příčné rovině vozidla, H_{30} (H_{40}) je vzdálenost měřicího bodu od vozovky odpovídající ustálené rychlosti pohybu vozidla [1].

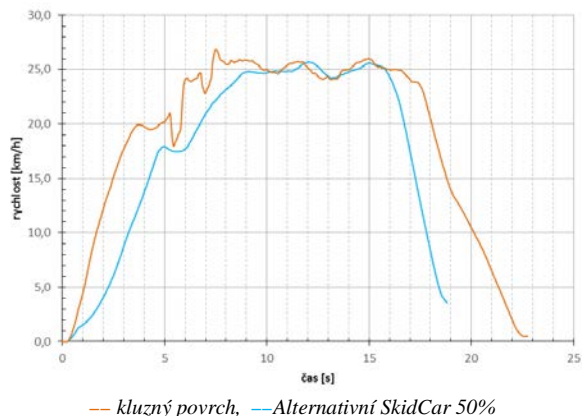
$$\beta_i = \tan^{-1} \left(\frac{(H_{3i} - H_{30}) - (H_{4i} - H_{40})}{B_x} \right) \quad (1)$$

Naměřené výsledky jsme porovnali s experimentálním měřením na kluzném povrchu. Průběhy z experimentálních měření vozidla se systémem Alternativního SkidCaru jsou pro uvedeny na: <https://www.youtube.com/watch?v=mUtdUKP3WKw&feature=youtu.be>

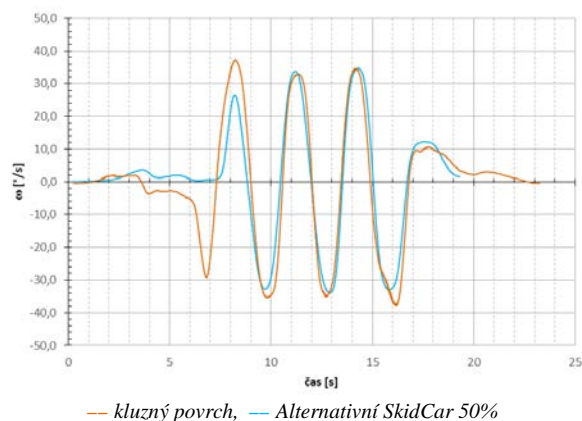
3. VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH PRŮBĚHŮ

Průběhy rychlosti v , podélného zrychlení a_x a příčného zrychlení a_y jsou v obou zkouškách srovnatelné, a to společně i s úhlem natočení volantu β_v . U průběhu výškové polohy spodního pravého ramena nápravy HLI je patrný rozdíl, kde zdvih u Alternativního SkidCaru je významně ovlivněn použitím rámu. Obdobně ovlivnění klopení

karoserie je patrné u Alternativního SkidCaru v průbězích HL2 i HP2. Rozdíl v úhlu klopení karoserie koresponduje s daty naměřenými snímači výšky, tedy platí, že klopení karoserie u Alternativního SkidCaru je v porovnání s experimentálním vozidlem zanedbatelné. Toto je nejvýznamnější odlišnost v naměřených průbězích.



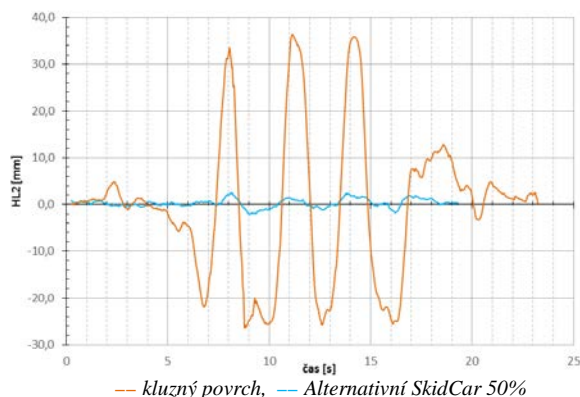
Obrázek 4 Průběh rychlosti v pro kluzný povrch a Alternativní SkidCar (autor)



Obrázek 5 Průběh stáčívé rychlosti ω pro kluzný povrch a Alternativní SkidCar (autor)



Obrázek 6 Průběh výškové souřadnice pravé strany vozidla HP2 pro kluzný povrch a Alternativní SkidCar (autor)



Obrázek 7 Průběh výškové souřadnice levé strany vozidla HL2 pro kluzný povrch a Alternativní SkidCar (autor)

4. ZÁVĚR

Z naměřených průběhů je patrné, že systém Alternativního SkidCaru umožňuje změnu adhezční síly přenášené mezi kolem silničního vozidla a vozovkou. Průběhy stáčívé rychlosti ω jsou u kluzného povrchu a u Alternativního SkidCaru srovnatelné. Velký rozdíl je u polohy karoserie, kde u kluzného povrchu dochází k intenzivnějšímu klopení karoserie než je tomu u Alternativního SkidCaru. Omezení klopení karoserie je způsobeno připevněním kolových jednotek ke karoserii vozidla přes pomocný rám. Velikost klopení karoserie je u Alternativního SkidCaru dána tuhostí pneumatik podpěrných koleček.

Z naměřených dat je zřejmé, že jakýkoli zásah do konstrukce podvozkového ústrojí silničního vozidla má ve svém důsledku vliv na chování vozidla. Tedy i systém Alternativní SkidCar ovlivňuje chování automobilu a tedy záleží, za jakým účelem je třeba docílení snížení adhezční síly na kolech silničního vozidla. Přesto, že systém Alternativního SkidCaru způsobuje změnu některých charakteristik popisujících chování vozidla je využitelné pro potřeby katedry a splnilo požadovaný cíl.

Zdroje

1. BUCHA, Jozef., CHOVANEC, A., Leitner, B., 2008. Modeling of half axle using Simulink, Proceedings of the 12th International Conference Transport Means ISSN 1822-296X.
2. JÖRNSSEN, Reimpell, HELMUT, Stoll, 2001. The automotive chassis engineering principles: chassis and vehicle overall, wheel suspensions and types of drive, axle kinematics and elastokinematics, steering, springing, tyres, construction and calculations advice. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann. ISBN 07-506-5054-0
3. KRMELA, Jan, 2008b. Computational modelling of tyres considering operating and safety requirements. Communications. Scientific Letters of the University of Žilina. Žilina. ISSN 1335-4205.