

Metoda na osnovi raztezka za ocenjevanje vzdolžne sile v pametni pnevmatiki s fizikalnim modelom

Haichao Zhou¹–Huiyun Li¹–Jian Yang^{1,*}–Qingyun Chen¹–Guolin Wang¹–Tong Han¹–Jieyu Ren²–Te Ma¹

¹ Univerza Jiangsu, Šola za avtomobilsko in prometno tehniko, Kitajska

² Zhejiang Wanxiang Marelli Amortizerji, Kitajska

Pnevmatike niso le nepogrešljiv del vozila, temveč tudi edina komponenta vozila, ki je v stiku z voziščem. Pnevmatike imajo zato ključno vlogo pri stabilnosti krmiljenja ter pri varnosti in udobju vožnje. Vzdolžna sila v pnevmatiki, ki nastane na stiku med pnevmatiko in voziščem, lahko izboljša oprijem in zaviranje ter prispeva k smerni stabilnosti vozila. S točno oceno vzdolžne sile v pnevmatiki je mogoče izboljšati varnost vozila. Pametna pnevmatika je opremljena s senzorji, ki aktivno merijo sile in dinamične parametre pnevmatik ter nadzorujejo interakcijo med pnevmatiko in voziščem. Za izboljšanje univerzalne uporabnosti algoritma pametne pnevmatike so bile določene relacije med signali senzorjev in parametri dinamike pnevmatike na osnovi teoretičnega modela pnevmatike. Z analizo karakterističnih sprememb senzorskega signala je bil razvit ocenjevalni algoritem pametne pnevmatike za realnočasovni nadzor sil v pnevmatiki.

V članku je najprej predstavljen model longitudinalne dinamike pnevmatike na osnovi modela upogljivega obroča in modela krtače. Nato so določene deformacije in raztezki obroča pri različnih vertikalnih in vzdolžnih silah. Radialne deformacije visokotrdne karkase pnevmatike zaradi njene neraztegljivosti ne povzročijo le tangencialne deformacije, ampak tudi obodne napetosti in raztezke. Vzdolžna sila je glavni vzrok za asimetrično porazdelitev radialne deformacije in obodnega raztezka pnevmatike. Večja ko je vzdolžna sila, večja je asimetrija radialne deformacije in obodnega raztezka. Za kvantitativni opis te asimetrije je predlagana razlika v radialni deformaciji in obodnem razteku med prednjimi in zadnjimi območji. Za preučevanje vplivov vzdolžne sile na deformacijo in raztezek pnevmatike je predlagana uporaba ploščine pod krivuljo razlik radialne deformacije in ploščine pod krivuljo razlik obodnega raztezka.

Rezultati kažejo močno linearno odvisnost med ploščino pod krivuljo razlik radialne deformacije oz. ploščino pod krivuljo razlik obodnih raztezkov in vzdolžnimi silami v pnevmatikah pri različnih vertikalnih obremenitvah in razmerjih spodrsavanja. Ploščino pod krivuljo razlik radialne deformacije in ploščino pod krivuljo razlik obodnih raztezkov je mogoče uporabiti za oceno vzdolžne sile, ki deluje na pnevmatiko. Za določitev relacije med obodnim raztekom pnevmatike in vzdolžno silo je bil razvit model pametne pnevmatike na osnovi raztezka, ki omogoča ocenjevanje vzdolžne sile. Z razvitim modelom vzdolžne dinamike so bile preučene lastnosti raztezkov pnevmatike v pogojih čistega vzdolžnega spodrsavanja. Razvit je bil algoritem za ocenjevanje vzdolžne sile v pnevmatiki s pridobivanjem značilnik in prileganjem podatkov o razteku pnevmatike. Postavljen je bil tudi model pnevmatike s končnimi elementi za simulacijo vzdolžne sile. Primerjava simuliranih in ocenjenih sil kaže, da lahko predlagani algoritem natančno napove vzdolžno silo v pametnih pnevmatikah in tako zagotavlja uporabne informacije za sisteme upravljanja stabilnosti vozila.

Inovacija tega prispevka je v uporabi modelne analize vzdolžne dinamike tankega obroča za določitev fizikalne veličine, na katero vpliva le vzdolžna sila, ter v določitvi metode za ocenjevanje vzdolžne sile v pametni pnevmatiki. Algoritem ima manj identifikacijskih parametrov in je primeren za različne modele pnevmatik oz. je univerzalno uporaben. Zaradi kompleksnosti sistema pnevmatike pa obstajajo možna področja izboljšav: model pnevmatike v članku ne upošteva vpliva prečne sile, zato ni mogoče določiti relacij med indeksom ocene vzdolžne sile in prečno silo. Zato bo mogoče postaviti še tridimenzionalni model pnevmatike za dodatno analizo signala raztezka. Verifikacija algoritma v članku poleg tega temelji le na analitičnem modelu pnevmatike po metodi končnih elementov. V prihodnjih raziskavah bo algoritem še dodatno verificiran z eksperimentalnimi podatki, določen pa bo tudi položaj senzorja raztezka.

Ključne besede: pametna pnevmatika, model pnevmatike, analiza raztezkov, vzdolžna sila, ocena sile