

Zasnova in vrednotenje hierarhičnega algoritma za krmiljenje sistema električnega aktivnega stabilizatorja

Zhenxing Kong – Dawei Pi* – Xianhui Wang – Hongliang Wang – Shan Chen

Znanstveno-tehniška univerza v Nanjingu, Oddelek za strojništvo, Kitajska

Članek predstavlja nov hierarhični algoritem za krmiljenje sistema sprednjega in zadnjega električnega aktivnega stabilizatorja (ASB) na štirikolesnem cestnem vozilu. Njegova naloga je aktivno krmiljenje dinamike stranskega nagibanja in vrtenja okrog navpične osi. Predlagani hierarhični krmilni algoritem vključuje regulatorje na treh ravneh. Na podlagi stabilnosti stranskega nagibanja in udobja pri vožnji je bil izbran referenčni model kota stranskega kota nagibanja, iz katerega izhaja ciljni kot nagiba.

Regulator na zgornji ravni izračunava ciljni aktivni protinagibni moment za nadzor nad kotom stranskega nagibanja vozila po metodi drsečega krmiljenja, namenjen pa je izboljšanju stabilnosti stranskega nagibanja vozila. Dinamiki stranskega nagibanja in vrtenja okrog navpične osi sta sklopljeni zaradi nelinearne karakteristike pnevmatik, poleg tega pa se lahko zaradi lateralnega prenašanja obremenitve na sprednji in zadnji osi spreminjajo lastnosti krmiljenja vozila. Regulator na srednji ravni zato skrbi za dinamično porazdeljevanje ciljnega aktivnega protinagibnega momenta med sprednjo in zadnjo osjo in s tem nadzor nad vrtenjem vozila okrog navpične osi. Uporabljen je mehki regulator, ki lahko izboljša stabilnost vrtenja vozila okrog navpične osi s sprotnim spreminjanjem lateralnega prenašanja obremenitve na sprednji in zadnji osi. Na podlagi ciljnega aktivnega protinagibnega momenta na sprednji in zadnji osi se izračunava ciljni tok sprednjih in zadnjih izvršnih členov sistema ASB. Naloga PI-regulatorja na spodnji ravni je krmiljenje toka za izvršne člene ASB, izboljšanje izhodne karakteristike izvršnih členov ASB (izhodni moment in stopnja momenta) ter zagotavljanje točnega aktivnega protinagibnega momenta vozila. Za izvedbo numeričnih simulacij in eksperimentov s strojno opremo v zanki (HIL) so bili v programu MATLAB/Simulink postavljeni model dinamike vozila s 14 prostostnimi stopnjami (DOF), vhodni model ceste, model sprednjih in zadnjih izvršnih členov sistema ASB in model krmilnega sistema ASB. Postavljen je bil eksperimentalni sistem HIL za električni sistem ASB na podlagi realnočasovnega simulacijskega sistema (AutoBox), električne krmilne enote sistema ASB (ASB ECU), električnih izvršnih členov ASB in zaznaval za silo. Opravljene so bile numerične simulacije in eksperimenti HIL za značilne manevre (ničelni vhodi, J-obrat in sinusni val) z namenom vrednotenja učinkovitosti predlaganega krmilnega algoritma.

Numerične simulacije in eksperimenti HIL demonstrirajo zanesljivost in natančnost hierarhičnega krmiljenja električnega sistema ABS, ki izpolnjuje zahtevana merila prečnega nagibanja in vrtenja okrog navpične osi. Predlagani krmilni algoritem lahko zmanjša prečni nagibni kot, hitrost ter spekter gostote moči (PSD) vrtenja vozila okrog navpične osi, izboljšuje pa tudi frekvenčni odgovor izvršnih členov sistema ASB za dobro dinamiko prečnega nagibanja vozila. Dinamična porazdelitev protinagibnega navora sistema ABS poleg tega zmanjšuje nihanja hitrosti vrtenja okrog navpične osi ter ohranja stabilnost vozila za dober dinamični odziv vozila. Porazdelitev protinagibnega navora pri manevru s sinusnim valom pa zaradi sklopitve dinamike prečnega nagibanja vozila in vrtenja okrog navpične osi ter zaradi fizičnih omejitev izvršnih členov ASB ne zagotavlja zelenih rezultatov krmiljenja.

Električni sistem ASB na podlagi predlaganega krmilnega algoritma izboljšuje stabilnost prečnega nagibanja vozila, udobje med vožnjo in splošno stabilnost vodenja.

Ključne besede: aktivni stabilizator, hierarhično krmiljenje, drseče krmiljenje, mehko vodenje, numerična simulacija, eksperiment s strojno opremo v zanki