

# Robustno in na napake neobčutljivo vodenje avtobusa z elektromotorji v kolesih in minimalno rabo energije pri zavijanju

András Mihály<sup>1,\*</sup> – Péter Gáspár<sup>1,2</sup> – Balázs Németh<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Univerza za tehniko in ekonomijo v Budimpešti, Oddelek za upravljanje transportnih sistemov in vozil, Madžarska

<sup>2</sup>Madžarska akademija znanosti, Institut za računalništvo in upravljanje, Laboratorij za sisteme in upravljanje, Madžarska

Gospodarna in do okolja prijazna cestna vozila postajajo vse bolj priljubljena, raziskave vozil s pogonskimi elektromotorji v kolesih pa v tem kontekstu pridobivajo na pomenu zaradi prednosti te arhitekture. Največja korist od vgradnje pogonskih elektromotorjev v kolesa je v tem, da omogoča snovanje visokoučinkovitih in na napake neobčutljivih krmilnikov gibanja. Štirikolesna vozila z neodvisnimi kolesnimi pogoni (FWIA) so sama po sebi prekrmiljena, zato se pri njih ponujajo širše priložnosti za analizo različnih nalog vodenja.

Namen članka je zasnova na napake neobčutljivega in energijsko optimalnega sistema sledilnega vodenja po trajektoriji za električni avtobus s pogonskimi motorji v kolesih in električnim krmilnim sistemom. Cilj raziskave je predstavitev večkriterijske in rekonfigurabilne metode vodenja, ki je primerna za uporabo pri težkih vozilih s pogonskimi motorji v kolesih. Predstavljena metoda vodenja je usmerjena v zagotavljanje varnosti in gospodarnosti gibanja vozila tudi tedaj, ko nastopijo napake na izvršnih členih. Arhitektura predlaganega krmilnika avtobusa v normalnih pogojih vožnje omogoča izbiro energijsko optimalne delitve med krmilnimi posegi in vektorskim pogonom z neodvisno vodenimi elektromotorji v kolesih, pri čemer je tudi zmanjšan na minimum upor avtobusa proti zavijanju. V primeru zdrsa, napake ali zmanjšane sposobnosti elektromotorjev v kolesih oz. električnega krmilnega sistema se krmilni signali prerazporedijo tako, da avtobus ohrani zmožnost sledenja trajektoriji.

Cilji vodenja so doseženi z visokonivojsko rekonfiguracijo vodenja na podlagi tehnik linearnega spreminjanja parametrov (LPV) in ob uvedbi posebne spremenljivke za energijsko optimalno razporeditev posegov izvršnih členov med normalno vožnjo. V primeru odpovedi kolesnih elektromotorjev ali krmilnega sistema ima prednost krmiljenje ali ustvarjanje diferencialnega momenta. Gospodarno vodenje je zagotovljeno z optimizacijsko metodo, ki zmanjšuje upor avtobusa med zavijanjem, za varno delovanje pa je poskrbljeno z zaznavanjem napak, izolacijskimi filtri in ocenjevanjem kolesne sile.

Novost članka je v predstavljeni metodi rekonfiguracije na podlagi posebne oblike utežnih funkcij pri izbiri izvršnih členov. Ob upoštevanju varnosti in gospodarnosti avtobusa s pogonskimi elektromotorji v kolesih je tako dosežena delitev med krmiljenjem in ustvarjanjem momenta okrog vertikalne osi, ki ustreza dejanskemu gibanju vozila in stanju izvršnih členov. Glavni prispevek v primerjavi z ostalimi sodobnimi metodami je torej v integraciji varnosti in gospodarnosti v isto nadzorno shemo vodenja. Tak pristop je uporaben za praktične aplikacije.

Delovanje predlagane rekonfiguracijske metode je prikazano v okolju programske opreme v zanki (SIL). Dinamika avtobusa je bila simulirana v okolju TruckSim/Simulink, zasnovani visokonivojski krmilnik pa je na podlagi izmerjenih in ocenjenih signalov deloval v napravi dSPACE MicroAutoBox II, elektronski krmilni enoti za hitro izdelavo prototipov. Za komunikacijo med simuliranim vodilom in krmilnikom je bil uporabljen komunikacijski protokol CAN. Ustvarjeno platformo je tako mogoče preprosto predelati v sistem strojne opreme v zanki (HIL) z vključitvijo naprave dSPACE MicroAutoBox II v omrežje CAN fizičnega avtobusa. Rezultati simulacij dokazujejo učinkovitost predlagane metode vodenja s primerjavo dveh scenarijev sledenja trajektoriji, prvega brez napak in drugega s simulirano okvaro kolesnega motorja.

**Ključne besede:** pogonski motor v kolesu, avtobus FWIA, rekonfigurabilno vodenje, upor pri zavijanju