

HIL validacija novega realnočasovnega sistema upravljanja z energijo za HEV z brezstopenjskim menjalnikom

Amir Taghavipour* – Ali Alipour

Tehniška univerza K. N. Toosi, Fakulteta za strojništvo, Iran

Raziskovalci se v luči vplivov na okolje zaradi globalnega segrevanja ter usihanja svetovnih zalog fosilnih goriv intenzivno posvečajo rešitvam za zmanjšanje količine energije, ki se rabi za transport. Med komercialnimi rešitvami za izboljšanje učinkovitosti konvencionalnih prenosnikov moči so tudi brezstopenjski menjalniki (CVT). Nove priložnosti se odpirajo v kombiniranju menjalnikov CVT s hibridnimi električnimi prenosniki moči. Potencialna slabost tega pristopa je v zahtevnosti krmilnega sistema, ki je tudi predmet te študije. Za dodatno zmanjšanje porabe goriva pri hibridnih električnih vozilih (HEV) z menjalnikom CVT je predlagan razvoj sistema upravljanja z energijo (EMS) na osnovi prediktivnega večparametričnega modela. Tak pristop ohranja voznost in zagotavlja možnost izvedbe realnočasovnega krmilnika. Zmogljivost krmilnika je bila validirana na platformi dSPACE (HIL – strojna oprema v zanki) in z eksperimentalno preverjenim visokonatančnim modelom Autonomie omenjenega prenosnika moči za tri različne vozne cikle.

Ob upoštevanju inovativnega modela krmiljenja je bil zasnovan eksplicitni model prediktivnega vodenja za optimalno upravljanje z energijo iz različnih virov in sistematično ravnanje z omejitvami. Optimalna rešitev problema je podana s politopi sistema upravljanja z energijo in rezultati skaliranih manipuliranih vhodov v obliki afinih funkcij.

Za validacijo delovanja krmilnika so bili obravnavani trije različni vozni cikli: test porabe goriva na avtocesti (HWFET), novi evropski vozni cikel (NEDC) in globalno usklajeni preskusni postopek za lahka vozila (WLTC). Za predstavitev zmogljivosti predlaganega pristopa je bila narejena primerjava z izhodiščnim krmilnikom Autonomie.

Visokonatančni in bolj realistični model Autonomie zagotavlja realne rezultate za implementacijo predlaganega EMS. Kot je tudi pričakovano za cikel HWFET, je zmanjšanje rabe energije pri višjih hitrostih omejeno, saj je motor učinkovitejši, prehodnih pojavov je manj in podpora električnega pogona je manjša. Predlagani EMS pri mešani vožnji po mestu in avtocesti v ciklih NEDC in WLTC zagotavlja za približno 11 odstotkov manjšo porabo goriva v primerjavi z izhodiščno strategijo. Za celovitejšo primerjavo so bile pregledane tudi podobne študije. V nedavnih raziskavah je bila ugotovljena podobna poraba goriva v ciklu NEDC pri uporabi Gaussovega psevdospektralnega MPC za skrajšanje računskega časa krmilnika na enaki arhitekturi hibridnega vozila in z vrednostmi parametrov, ki so podobne kot pri naši študiji. Tukajšnji EMS pa je za razliko od omenjenega MPC mogoče implementirati v realnočasovni izvedbi in ga ustrezno zmanjšati za komercialno regulacijsko strojno opremo. Njegove zmožnosti in zmogljivost so bile validirane s preizkusi HIL v simulacijskem modelu Autonomie. Iz rezultatov je mogoče sklepati o znatnem zmanjšanju porabe goriva v primerjavi z izhodiščnim krmilnikom in omenjeno študijo. HIL analiza zagotavlja realnočasovno zmogljivost in primernost predlaganega krmilnika za izvedbo v obliki regulacijske strojne opreme. Krmilnik bo v prihodnje mogoče tudi implementirati v realnem hibridnem vozilu za izvedbo potrebnih postopkov kalibriranja.

Ključne besede: hibridno električno vozilo, CVT, Autonomie, sistem upravljanja z energijo, eksplicitno modelno prediktivno vodenje, strojna oprema v zanki