

Modeliranje in eksperimentalna verifikacija izbire ustreznih členov PI-regulatorja razmerja hitrosti pri verižnih menjalnikih CVT

Ahmet Yildiz* – Osman Kopmaz

Univerza v Uludagu, Tehniška fakulteta, Turčija

Brezstopenjski menjalniki (CVT) so ena najboljših rešitev za zmanjšanje porabe goriva pri vozilih, ki jih poganja motor z notranjim zgorevanjem ali elektromotor. Teoretična analiza verižnih menjalnikov CVT je zato ključna za izbiro optimalne konstrukcije in strategije regulacije.

Članek obravnava prehodno dinamiko verižnega menjalnika CVT z regulatorjem razmerja hitrosti po modelu Carbone-Mangialardi-Mantriota in eksperimentalno potrditev. Razvit je bil teoretični model s PI-regulatorjem razmerja hitrosti na podlagi trenutne rešitve vodilne diferencialne enačbe prvega reda za hitrost prestavljanja, ki predstavlja celotno dinamiko sistema CVT.

Razviti model za regulacijo razmerja hitrosti je bil preverjen v več eksperimentih pri različnih začetnih pogojih razmerja hitrosti, kot je prikazano na slikah. Meritve so bile opravljene na preizkuševališču za verižne menjalnike CVT. Vhodno moč zagotavlja trifazni asinhronski 4-polni motor Siemens z močjo 30 kW, kotno hitrost motorja nadzoruje inverter, zavorni moment pa daje elektromagnetna zavora, ki je povezana z izhodno jermenico menjalnika CVT. Potrebni podatki so bili zabeleženi s pomočjo zaznaval tlaka, navora in odmika.

Rezultati numerične in eksperimentalne analize pritezne sile v stacionarnem stanju se dobro ujemajo pri razmerju hitrosti 1. Rezultati za stacionarno stanje, pridobljeni iz teoretičnega modela, so bili nato shranjeni v tabelo za uporabo v simulacijah. Model regulacije razmerja hitrosti je bil eksperimentalno preverjen v prehodnih pogojih za različne začetne pogoje. Rezultati eksperimentov tudi v tem primeru izkazujejo dobro ujemanje, iz česar sledi sklep, da je razviti model, ki je vdolan v regulator razmerja hitrosti, primeren za napovedovanje dinamike prestavljanja verižnega menjalnika CVT.

Razviti in potrjeni teoretični model je bil nato uporabljen v numerični analizi za izbiro ustreznih vrednosti členov PI-regulatorja in doseganje enakega naklona časovnega odgovora razmerja hitrosti pri različnih vhodnih kotnih hitrostih. Z drugimi besedami – parametri PI-regulatorja so bili numerično določeni za enak časovni odziv pri različnih vhodnih hitrostih. V numerični analizi je bil integralni člen T_i konstanten, proporcionalni člen K_p spremenljiv, čas umiritve razmerja hitrosti pa je bil določen za primer brez prevzpona. Enak postopek je bil uporabljen za povečanje integralnega člena pri določenih proporcionalnih členih, vsi podatki pa so bili zabeleženi v matriko. Isti izračuni so bili opravljene za različne vhodne hitrosti, pri čemer so bile pridobljene podobne matrike. Točke minimuma na teh površinah matrik določajo najboljše člene PI z ozirom na čas umiritve brez prevzpona. Na ta način je bil določen nabor členov PI-regulatorja za različne vhodne kotne hitrosti menjalnika CVT. Kriterij za določitev časa umiritve je razlika med želenim in trenutnim razmerjem hitrosti, ki ne presega 0,001.

Rezultati, predstavljeni v tem članku, bodo zelo pomembni za proizvajalce in inženirje pri izbiri ustreznih parametrov PI-regulatorja za želeno dinamiko prestavljanja verižnih menjalnikov CVT. Razviti model je mogoče uporabiti v različnih regulacijskih algoritmi v avtomobilski industriji.

Ključne besede: verižni menjalnik CVT, regulacija razmerja hitrosti, PID, dinamika prestavljanja