

Karakterizacija volumskega toka skozi PWM krmiljen hitri preklopni ventil

Miha Pipan* – Niko Herakovič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Namen raziskave je podrobno analizirati vpliv različnih frekvenc in širine pulza PWM krmilne metode na karakteristiko volumskega toka hitrega preklopnega pnevmatičnega ventila. Prav tako je namen analizirati vpliv drugih pomembnih parametrov kot so tlačna razlika in najmanjša širina pulza potrebna za odprtje ventila. Pomemben cilj predstavljajo raziskave možnosti izdelave novih krmilnih algoritmov za hitre preklopne ventile s PWM metodo.

Pnevmatični servo sistemi, ki uporabljajo hitre preklopne ventile in so krmiljeni z digitalno tehniko, imajo prednost pred konvencionalnimi zvezno delujočimi pnevmatičnimi servo ventili glede ekonomičnosti, zanesljivosti in odziva. Uporabljene frekvence PWM signala za krmiljenje pnevmatičnih hitrih preklopnih ventilov so bile do sedaj med 20 Hz in 100 Hz in so pretežno omejene z odzivnim časom ventilov. Novejši preklopni ventili, ki delujejo na osnovi JetFlow tehnologije, uporabljajo krmilne membrane z majhno maso, in dosegajo odzivne čase pod 1 ms, s čimer omogočajo krmiljenje s PWM metodo frekvence do 500 Hz.

Pnevmatični hitri preklopni ventil smo krmilili z uporabo PWM krmilne metode pri frekvencah 200 Hz, 250 Hz in 300 Hz in merili volumski tok na izhodnem priključku pri tlačnih razlikah 0.1 bar do 6 bar. Analizirali smo vpliv tlačne razlike na minimalno širino pulza, pri kateri se je ventil odprl, ter odvisnost volumskega toka od širine pulza krmilnega signala. Za natančnejši popis odziva ventila, se je širina PWM-pulzov v prehodnem področju spreminjala od 0 % do 10 % s korakom 1 % in od 10 % do 100 % s korakom 10 %. Posebej smo z natančnostjo 0.1% širine pulza določili najkrajši pulz potreben za prvi odziv ventila.

Na podlagi rezultatov raziskav smo ugotovili, da s spreminjanjem širine pulza lahko zvezno krmilimo velikost odprtja ventila in s tem pretok skozi ventil. Minimalna širina pulza, potrebna za odpiranje ventila, se spreminja nelinearno glede na tlačno razliko in znaša med 0.1 ms in 0.4 ms. Povezava med širino PWM pulza in povprečnim tokom skozi ventil pri višjih tlačnih razlikah (nad 2 bar) postane linearna. Pri nižjih tlačnih razlikah (do 2 bar) in širini pulza, ko se ventil začne odpirati, pojavi strmo povečanje volumskega toka, ki se nato stabilizira in postane linearen.

Z upoštevanjem rezultatov analiz je mogoče izdelati krmilni algoritem, ki bo uporabil PWM metodo s frekvenco 250 Hz, ki je za 150 % višja od sedanjih krmilnih algoritmov in se nahaja v nadkritičnem frekvenčnem območju pnevmatičnih komponent. Prav tako je prvič eksperimentalno izmerjena odvisnost spreminjanja minimalne širine pulza v odvisnosti od tlačne razlike.

Za linearno krmiljenje volumskega toka skozi ventil bomo odvisnost med želenim odprtjem ventila in širino PWM pulza upoštevali pri izdelavi krmilnega algoritma, ki bo glede na tlačno razliko določil minimalno širino pulza in upošteval strm začetni prehod. Razvit krmilni algoritem bo zaradi visoke frekvence in majhnih tlačnih udarov omogočil natančno zvezno krmiljenje aktuatorjev pnevmatičnih komponent. Odvisnost med širino pulza in želenim odprtjem ventila se bo določila z matematičnim popisom odvisnosti pretoka od širine pulza, oz. če to ni mogoče, z uporabo numeričnih metod. S tem bo omogočena izdelava hitro odzivnega digitalnega servo pnevmatičnega sistema za krmiljenje pnevmatičnih linearnih pogonov, tudi pnevmatičnih mišic, v zaprti zanki.

Ključne besede: hitri preklopni ventil, pulzno širinska modulacija, pretočne karakteristike, širina pulza