

Študija učinkovitosti in krmiljenja ventila s piezoaktuatorjem, šobo, odbojno ploščico in izotermno komoro

Mohammadreza Kamali^{1,*} – Seyed Ali Jazayeri¹ – Farid Najafi² – Kenji Kawashima³ – Toshiharu Kagawa⁴

¹ Tehniška univerza K. N. Toosi, Fakulteta za strojništvo, Iran

² Univerza v Guilanu Tehniška fakulteta, Iran

³ Medicinska in stomatološka univerza v Tokiu, Institut za biomateriale in bioinženiring, Japonska

⁴ Tehnološki institut v Tokiu, Japonska

Namen predstavljene raziskave je uvedba novega ventila s šobo in odbojno ploščico (NF), za katerega so značilni spremenjen razpored delovnih elementov za izboljšanje dinamike, poenostavitev enačb ter odprava nekaterih omejitev tradicionalnih NF-ventilov. Za izpolnitev teh ciljev je bil novi ventil s šobo in odbojno ploščico zasnovan in opremljen s piezoelektričnim aktuatorjem in izotermno polnilno komoro.

Dinamika polnilne komore, ki je glavni podsestav ventila, ima v celotni dinamiki ventila pomembno vlogo. Neobstoj točnega modela za spreminjanje stanja zraka v komori otežuje krmiljenje ventila. Zagotovitev izotermnih pogojev v komori ventila odpravlja dinamične napake zaradi temperaturnih sprememb v komori, vodilne enačbe za napovedovanje tlaka v komori pa so zato veliko točnejše in preprostejše. Izotermno stanje v komori ventila torej poenostavi njegovo krmiljenje, saj je le z enim samim tlačnim tipalom v komori ventila mogoče krmiliti tlak in pretok.

Tradicionalni NF-ventili so opremljeni z elektromagnetnim pretvornikom za pogon odbojne ploščice. Med njihove slabosti štejejo velike dimenzije, velika poraba električnega toka, počasen odziv in občutljivost na elektromagnetne motnje. Ventil, ki je predstavljen v tem članku, je opremljen s piezoelektričnim aktuatorjem v sestavi zloga. Le-ta je zaradi svojih edinstvenih lastnosti obenem tudi najprimernejša izbira za nevarna in občutljiva industrijska ali medicinska okolja. Piezoelektrični aktuatorji namreč porabijo bistveno manj električne energije in se hitreje odzivajo, mehanizem pa se ne iskri in ne oddaja magnetnih polj. Zaradi naštetih lastnosti so primerni za pnevmatske ventile. Togost izbranega aktuatorja pri praznilnem toku iz šobe zmanjšuje kompleksnost dinamičnih enačb ventila.

Opravljen je bila teoretična analiza ventila za izpeljavo natančnejšega matematičnega in simulacijskega modela in postavljeno je bilo preizkuševališče za validacijo rezultatov simulacij. Eksperimentalno so bile ovrednotene statične in dinamične lastnosti predlaganega ventila za validacijo razvitega modela in osvetlitev prednosti ventila. Zaradi nelinearnega vedenja predlaganega ventila in negotovosti pri nekaterih spremenljivkah v enačbah ventila je bil oblikovan in uporabljen drseči pristop za natančnejše krmiljenje izhodnega pretoka in tlaka.

Učinkovitost ventila je bila potrjena in eksperimentalno validirana v stacionarnih in nestacionarnih pogojih, kjer lahko deluje kot ventil za regulacijo tlaka ali kot generator pretoka. Napaka v pogojih stacionarnega in nestacionarnega tlaka je manjša od 2 %. Ventil v konfiguraciji za regulacijo pretoka lahko ustvarja stacionarne ali sinusne oscilirajoče tokove do 25 Hz z negotovostjo 3,5 %. Točna regulacija tlaka ali pretoka z ventilom, za katerega je značilna nelinearna dinamika, je možna po metodi drsečega krmiljenja. Dokazano je, da je nelinearen krmilnik primernejši za ta ventil od linearnega krmilnika.

Raziskava temelji na teoretičnih analizah in na eksperimentalnih preizkusih, ki uvajajo novo zgradbo NF-mehanizma. Njegove vodilne dinamične enačbe so bistveno preprostejše. Ventil je uporaben za regulacijo tlaka ali pretoka in je primeren za predkrmilno stopnjo dvostopenjskega ventila. Predlagani ventil je dovolj hiter tudi za predkrmilno stopnjo bistveno večjih ventilov in v našem laboratoriju se že izvajajo dodatne raziskave uporabnosti ventila v predkrmilni stopnji za upravljanje glavne stopnje večjega pnevmatskega ventila.

Ključne besede: ventil s šobo in odbojno ploščico (nozzle-flapper), izotermna komora, piezoelektrični aktuator, drseči pristop, ventil za regulacijo tlaka, generator pretoka