

Glušnik z adaptivnimi akustičnimi lastnostmi

Peter Šteblaj* – Mirko Čudina – Primož Lipar – Jurij Prezelj
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

V članku so predstavljeni rezultati raziskav, ki se nanašajo na zmanjševanje hrupa izpušnih sistemov motorjev z notranjim zgorevanjem in prezračevalnih sistemov. Raziskave so rezultat reševanja realnega problema pojava akustičnih resonanc v izpušnih sistemih. Akustične resonance se najpogosteje duši z vgradnjo konvencionalnih reaktivnih glušnikov, ki delujejo dobro pri danih obratovalnih razmerah in pri izbrani resonančni frekvenci, vendar ko se obratovalni pogoji spremenijo se spremeni tudi resonančna frekvenca in delovanje reaktivnega glušnika ni več učinkovito. Praksa uglaševanja konvencionalnih reaktivnih glušnikov na resonančno frekvenco se je doslej izvajala s krmiljenjem posameznega parametra glušnika, npr. volumna, dolžine ali togosti aktivnega elementa. Vse dosedanje rešitve adaptivnih reaktivnih glušnikov so prostorsko potratne, elektromehansko zahtevne in so povezane s povečanjem mase glušnika. Da bi odpravili vse te pomanjkljivosti smo razvili nov sistem z več različnih reaktivnih glušnikov z znanimi karakteristikami (Helmholtzov resonator, ekspanzijska komora in resonator četrtnine valovne dolžine), ki se aktivirajo s pomočjo aktivno krmiljenih ventilov. Nov način aktivnega krmiljenja temelji na uporabi večjega števila ventilov, ki so krmiljeni na osnovi vsakokratnega spektra hrupa in algoritmov aktivnega dušenja hrupa. Ventili, z različnimi kombinacijami odpiranja in zapiranja, omogočajo vključevanje v funkcijo najprimernejšega posameznega ali skupine reaktivnih glušnikov in njihovo adaptivno prilagajanje tudi resonančnim oz. poudarjenim diskretnim frekvencam v danih obratovalnih razmerah sistema v katerega so vgrajeni.

Princip delovanja predlaganega sistema smo preverili z analitičnimi izračuni, numeričnimi simulacijami in eksperimentom. S primerjavo numeričnih simulacij in rezultatov meritev smo validirali rezultate numeričnih simulacij. Pri meritvah se je pojavil problem dinamičnega območja merilnih mikrofonov, saj reaktivni glušniki dosegajo prenosne izgube, ki so višje od 65 dB. Rezultati validacije omogočajo napovedovanje prenosnih izgub, ki so višje od dinamičnega območja uporabljenih mikrofonov. Z validacijo je prav tako potrjena hipoteza, da lahko z aktivnim krmiljenjem ventilov spreminjamo reaktivnim glušnikom ne samo lastnosti, temveč tudi fizikalno ozadje njihovega delovanja. Posebnost in dodatna primerjalna prednost nove zasnove glušnika je tudi ta, da lahko z ustreznim krmiljenjem spremenimo ekspanzijsko posodo v Helmholtzov resonator in obratno. In še, da vrat Helmholtzevega resonatorja lahko uporabimo kot resonator četrtnine valovne dolžine.

V članku je predstavljena tudi simulacija časovnega odziva predstavljenega adaptivnega sistema. Analiza je pokazala, da je sistem dovolj hiter, da lahko sledi premikom resonančne frekvence v realnem času oz. v realnem izpušnem sistemu. Predlagana zasnova glušnika odpravi potrebo po uporabi dodatnih reaktivnih glušnikov za doseganje različnih obratovalnih razmer sistema, kot je to primer v konvencionalnih izpušnih sistemih. Tako z uporabo predlaganega sistema v primerjavi s konvencionalnimi glušniki dosežemo enake ali boljše učinke dušenja, vendar z zmanjšano velikostjo in maso glušnika.

Ključne besede: reaktivni glušnik, adaptivni glušnik, zmanjševanje hrupa, izpušni sistem