

Karakterizacija vplivov in optimizacija konstrukcije mikroturbine s prečnim tokom na osnovi numeričnih simulacij

Endashaw T. Woldemariam – Hirpa G. Lemu

Univerza v Stavangru, Znanstvena in tehniška fakulteta, Norveška

V članku je predstavljena študija, katere cilj je bil preučitev zmogljivosti mikroturbine s prečnim tokom z numeričnimi simulacijami, izboljšanje pregleda nad vplivom izbranih konstrukcijskih parametrov na zmogljivost in optimizacija zasnove. Cilj je turbina z izboljšano zmogljivostjo kot funkcijo konstrukcijskih parametrov in posledično izboljšanim hidravličnim izkoristkom. Študija poleg tega uvaja optimizacijski okvir na osnovi numeričnih simulacij, ki bo na voljo za podobne aplikacije.

Uporabljen je bil pristop s podporo metamodela na osnovi numeričnih simulacij za optimizacijo zasnove vodne turbine s konstrukcijskimi parametri, kot so kot ventila, ukrivljenost vstopnega loka in premer osi rotorja, ki pomembno vplivajo na učinkovitost proizvodnje električne energije. Uporabljeno je bilo optimizacijsko orodje s podporo metamodela, ki je namenjeno računsko zahtevnim problemom vrste črna škatla, in sicer globalni optimizacijski algoritem z enim ciljem. Komercialno orodje ANSYS je bilo povezano z optimizacijskim orodjem za modeliranje in izvedbo simulacij računalniške dinamike fluidov (CFD) po 2D- in 3D-modelu. Odzivi optimizirane zasnove so bili primerjani z odzivi izvirne zasnove pri različnih vrednostih konstrukcijskih parametrov. Nato so bili uporabljeni objavljeni rezultati eksperimentalnih preizkusov s podobnimi začetnimi pogoji za preverjanje modelov v posameznih stopnjah turbine. Uporabljena je bila tudi analiza občutljivosti za preverjanje numeričnih rešitev CFD, oz. algoritma SIMPLE in PISO pri enačbi za popravek tlaka v sklopitvi tlak/hitrost pri reševanju Navier-Stokesovih enačb za turbulentni tok.

Ugotovljeno je bilo, da imata ukrivljenost vstopnega loka in kot odprtja šobe pomembno vlogo pri določanju kota natoka vode na vstopu v prvo stopnjo. Analiza tokovnic je tudi pokazala, da premer osi ovira tok fluida proti drugi stopnji in povečuje turbulenco, zaradi česar je prispevek moči od te stopnje razmeroma majhen. Os je bila zato med optimizacijo močno stanjšana. Časovno diskretizirani algoritmi so v analizi dali stabilen odzivni cikel za koeficient momenta in dobro ujemanje s trendom odziva eksperimentalnih preizkusov v obeh stopnjah cikla, zato so bili uporabljeni v izračunih hidravličnega izkoristka za analizo prehodnih in stacionarnih stanj. Rezultati izračunov izkoristka v analizi stacionarnega stanja so pokazali, da je izkoristek optimiziranega modela večji od numeričnih hidravličnih izkoristkov, določenih za izvirne modele pri 80 % in 100 % odprtem ventilu za izbrani vrtilni hitrosti 250 vrt./min in 350 vrt./min. S predlaganim pristopom se je močno skrajšal računski čas.

Članek obravnava numerični pristop k optimizaciji zasnove vodne turbine s prečnim tokom. Rezultati tovrstnih simulacij zahtevajo eksperimentalno verifikacijo, zato so bili kot sekundarni vir uporabljeni objavljeni rezultati eksperimentov. Čeprav so bili v simulacijah uporabljeni enaki parametri kot v eksperimentih, bo potrebna še dodatna eksperimentalna validacija in verifikacija modelov.

V predstavljeni analizi in optimizaciji turbine s prečnim tokom na osnovi numeričnih simulacij so bila kombinirana orodja za reševanje razmeroma kompleksnih problemov. Pristop se je izkazal za učinkovitega, optimizirani model pa zagotavlja boljšo zmogljivost in izkoristek kot originalni model v podobnih delovnih pogojih. Razvita metoda bo uporabna tudi za prihodnje raziskave turbostrojev s podobnimi delovnimi karakteristikami. Optimizacijsko orodje je še posebej zanimivo za optimizacijske probleme na osnovi visokodimenzijskih numeričnih simulacij, saj zmanjšuje računsko zahtevnost iskanja optimalne zasnove kompleksnih sistemov.

Ključne besede: turbina s prečnim tokom, mikro vodna turbina, numerična simulacija, optimizacija na osnovi metamodela