

Analiza s tokom gnane Darrieusove vodne turbine

Matjaž Fleisinger* – Matej Vesenjāk – Matjaž Hriberšek
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

V zadnjih letih se med tehnologije za izkoriščanje vodne energije pogosteje uvrščajo tudi vodi prilagojene tehnologije za izkoriščanje energije vetra, obojim pa je skupno dejstvo, da so postavljene v tok brez zaježitve. Darrieusova turbina je še posebej primerna za izkoriščanje energije vodotokov, saj je njen presek pravokotne oblike, tako lahko že posamezna turbina zajame večji del preseka plitvega kanala, medtem ko običajna propelerska turbina opisuje krožnico in šele v ohišju zajame večji del kvadratnega preseka, zato za tipičen pravokoten kanal potrebujemo več takšnih turbin.

Uveljavljeni postopki za napovedovanje zmogljivosti hidrokinetičnih turbin zajemajo različne aerodinamične modele, medtem ko so metode računalniške dinamike tekočin na tem področju pričele uporabljati šele pred kratkim. Tudi slednje se najpogosteje izvajajo z vnaprej predpisanimi parametri, med katere sodita vrtilna hitrost turbine in hitrost toka, ponavadi pa se kot rezultat opazuje tlačno in hitrostno polje okrog lopatic.

V prispevku je predstavljen razvoj računalniških simulacij z novim pristopom s tokom gnane turbine, pri katerem se turbina v simulaciji vrti na podlagi delovanja sil toka na lopatice in zaviralnega momenta nanjo, kar predstavlja veliko bolj realne pogoje, kot so v običajnih simulacijah. S pristopom s tokom gnane turbine je mogoče s posamično simulacijo napovedati celotno obratovalno karakteristiko turbine za določeno hitrost toka. To je izvedeno s spremenljivo obremenitvijo turbine v obliki zavornega momenta, ki počasi narašča, dokler se turbina ne ustavi. Pri tem se vrtilna hitrost turbine od najvišjih vrtljajev na začetku simulacije počasi zmanjšuje do ustavitve, se pravi, da med simulacijo preide celotno območje vrtljajev. Procedura, ki omogoča uporabo pristopa s tokom gnane turbine v programskem paketu Ansys CFX, je model gibanja togega telesa.

Ker želimo pri nadaljnjem delu razviti metodologijo, ki bo upoštevala tako pristop s tokom gnane turbine, kot tudi deformacije lopatic v močno vezani simulaciji interakcije tekočine in strukture, smo razvili postopek za simulacijo s tokom gnane turbine, ki temelji na nestacionarni simulaciji z drsečo mrežo in uporabniško rutino. Takšna simulacija je združljiva s simulacijo interakcije tekočine in strukture. Na tak način bo mogoče izvajati simulacije, pri katerih se turbina vrti zaradi sil, ki delujejo na njene lopatice, hkrati pa bo mogoče upoštevati vpliv deformacije lopatic na delovanje turbine. V takšni simulaciji bo naenkrat lahko zajetih več parametrov, ki v realnih obratovalnih pogojih hkrati vplivajo na turbinske stroje, s čimer se poveča kompleksnost simulacije, hkrati pa zmanjša tveganje, da bi spregledali katerega izmed pomembnih dejavnikov.

Na novo razvito simulacijo smo validirali z rezultati iz literature, kjer je bil model turbine preizkušen v umetnem vodnem kanalu, primerjali pa smo tudi rezultate simulacije z modelom gibanja togega telesa. Pri tem so odstopanja v rezultatih predvsem posledica dejstva, da so bile meritve turbin na preizkusu izvedene po korakih, pri čemer so na posamezni stopnji obremenitve, kot rezultat zajeli povprečno vrednost 30 s dolgega intervala, medtem ko smo v simulaciji obremenitev neprestano počasi zviševali. Dodaten vpliv je imela geometrija rotorja turbine, pri katerem znaša dolžina lopatic 2/3 premera rotorja, kar pomeni, da je zmanjšan vpliv aerodinamičnega profila, povečan pa je vpliv podporne konstrukcije.

Pri razviti simulaciji smo opazili tudi nestabilnost v začetni fazi simulacije, ko prihaja do velikih sprememb v vrtilni hitrosti turbine in posledično navoru na lopatice, ki pa se kmalu ustalijo in simulacija poteka stabilno do konca, podobno kot z uporabo modela gibanja togega telesa.

Ključne besede: hidrokinetične turbine, računalniška dinamika tekočin, pristop s tokom gnane turbine, model gibanja togega telesa