

Numerična napoved kavitirajočega toka okoli ladijskega vijaka in okoli gonilnika Kaplanove turbine s kalibriranimi kavitacijskimi modeli

Mitja Morgut^{1,*} – Dragica Jošt² – Aljaž Škerlavaj² – Enrico Nobile¹ – Giorgio Contento¹

¹ Univerza v Trstu, Oddelek za inženirstvo in arhitekturo, Trst, Italija

² Kolektor Turboinštitut, Slovenia

Za konkurenčen nastop na trgu je poleg kakovosti produkta pomemben tudi čas od začetka razvoja do prodaje. Ta čas lahko bistveno skrajšamo z uporabo računalniške dinamike tekočin (CFD - computational fluid dynamics), ki omogoča, da dražje in časovno zamudne eksperimentalne analize izvajamo le v končni fazi projekta.

V primeru ladijskih vijakov in vodnih turbin numerično analizo toka uporabljamo za napoved učinkovitosti sistema in preučevanje specifičnih lokalnih pojavov v toku, kot je npr. kavitacija. Ta vpliva v večini primerov na delovanje ladijskih vijakov in vodnih turbin negativno, ker povzroča večje izgube, padec izkoristka, erozijo materiala ter ojačenje hrupa in vibracij.

V zadnjih desetletjih so bili razviti različni modeli za numerično preučevanje in analizo kavitacijskih pojavov. V tem prispevku smo uporabili homogeni model, ki obravnava dvofazni tok kot homogeno zmes vode in vodne pare, v kateri ni zdrsa med kapljevito in plinasto fazo. Gostota zmesi je določena na podlagi prenosne enačbe za prostorninski delež kapljevite faze, v kateri izvorni člani regulirajo stopnjo uparjanja in kondenzacije. Omenjene izvorne člene je mogoče modelirati z različnimi kavitacijskimi modeli. V predhodni raziskavi so bile na podlagi analize kavitirajočega toka okoli osamljenega profila NACA66MOD kalibrirane empirične konstante treh različnih kavitacijskih modelov. V tem prispevku smo želeli preveriti veljavnost teh kalibriranih modelov za napoved kavitacije na ladijskem vijaku in na gonilniku Kaplanove turbine. S tem namenom smo simulirali delovanje propelerja PPTC v homogenem toku in Kaplanove turbine, za katero je bila eksperimentalna raziskava izvedena v Kolektor Turboinštitutu v Ljubljani.

Čeprav je bil namen raziskave predvsem preveriti kalibrirane kavitacijske modele, smo delno preverili tudi vpliv turbulentnega modela. Zato smo poleg standardnega RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes) pristopa računali tudi z dolgotrajnejšimi, a tudi bolj natančnimi SAS (Scale Adaptive Simulation) simulacijami. Vse numerične analize smo izvedli s komercialnim CFD programom ANSYS-CFX, ki sloni na metodi končnih prostornin, natančneje na metodi CV-FEM (control volume – finite element method).

Numerične rezultate smo primerjali z dosegljivimi eksperimentalnimi podatki. Za kakovostno primerjavo smo primerjali izračunane in eksperimentalne slike kavitacijskih oblakov okoli lopatic ladijskega vijaka in turbine. Za kakovostno primerjavo smo pri ladijskem vijaku primerjali pogon, pri turbini pa izgube v sesalni cevi in izkoristek turbine.

Iz prikazane raziskave izhaja, da so vsi trije kalibrirani kavitacijski modeli primerni za napoved kavitacije na ladijskem vijaku in na gonilniku Kaplanove turbine. Učinkovitost obeh sistemov (pogon ladijskega vijaka in izkoristek turbine) je bila z vsemi tremi modeli napovedana s podobno natančnostjo, čeprav so bile opazne manjše razlike v velikosti kavitacijskih oblakov. Glede turbulentnih modelov se je za ladijski vijak pokazalo, da z modelom SAS bolj pravilno napovemo vrtnične strukture v toku in posledično tudi kavitacijo znotraj teh struktur. V primeru Kaplanove turbine, kjer je izkoristek močno odvisen od pravilne napovedi časovno odvisnega toka v sesalni cevi in turbulentnih struktur v njem, model SAS SST predstavlja dober kompromis med standardnimi RANS in računsko zahtevnejšimi LES (Large Eddy Simulation) simulacijami.

Ključne besede: kavitacija, ladijski vijak, Kaplanova turbina, modeli prenosa snovi, RANS, SAS