

Aerodinamična analiza matematično modeliranega propelerja za majhna brezpilotna zračna plovila z uporabo CFD v različnih temperaturnih pogojih

Tamilselvan Ganesan.* – Nireesh Jayarajan

Tehniški kolidž PSG, Oddelek za avtomobilsko strojništvo, Indija

Uporaba brezpilotnih zračnih plovil (UAV) je v zadnjem času doživela velik porast zaradi njihove stroškovne učinkovitosti in vsestranskosti. Kljub temu je razvoj propelerjev UAV, ki zahteva celovito analizo tako aerodinamičnih kot strukturnih vidikov, pritegnil malo pozornosti raziskovalne skupnosti.

Dobro zasnovan propeler lahko bistveno zmanjša porabo baterije in izboljša splošno učinkovitost delovanja. Ta študija se osredotoča na zasnovo propelerjev, ki temeljijo na matematičnih modelih, in jih primerja s široko uporabljenimi naprednimi preciznimi kompozitnimi (APC) lopaticami propelerjev Slow Flyer glede koeficientov potiska, koeficientov moči in splošne učinkovitosti.

Da bi olajšali to preiskavo, numerične simulacije uporabljajo tetraedrično mrežo, ki vključuje standardni $k-\omega$ (k-omega) model za natančno zajemanje aerodinamičnega obnašanja. Drug pomemben vidik te študije je matematično modeliranje propelerjev na podlagi profila Eppler E63, ki je bil izbran zaradi njegovega vrhunskega vzgona za izboljšanje potiska in splošne učinkovitosti UAV. Za te propelerje so bile izvedene obsežne analize računalniške dinamike tekočin (CFD) pod različnimi temperaturnimi pogoji, ki zagotavljajo dragocen vpogled v njihovo aerodinamično zmogljivost. Ti rezultati se ne uporabljajo le za izboljšanje zasnove propelerjev UAV, ampak tudi za zagotavljanje celovite primerjave aerodinamičnih značilnosti matematično modeliranih propelerjev z merilnimi propelerji APC Slow Flyer. Poleg tega bo uporaba metod teorije elementov rezila (BET) in CFD skupaj z eksperimentalno validacijo zagotovila zanesljivo oceno teh zasnov propelerjev. Študija obravnava tudi vprašanje natančnosti BET pri napovedovanju potiska s primerjavo simulacijskih podatkov z rezultati, izpeljanimi iz BET. Poleg tega so bili izvedeni eksperimentalni testi za potrditev ugotovitev, pridobljenih z numeričnimi simulacijami. Rezultati te preiskave kažejo, da matematično zasnovani propelerji dosledno delujejo bolje kot propelerji za počasno letenje APC v vseh območjih hitrosti.

Primerjava med obema metodama, in sicer BET in CFD, kaže, da ima metoda BET približno 10-odstotno razliko v napaki v višjih območjih hitrosti. Vendar se to odstopanje zmanjšuje, ko se hitrost zmanjšuje, kar kaže na primernost uporabe metode BET za določene scenarije delovanja.

Če povzamemo, ta študija ponuja nov in matematično temelječ pristop k načrtovanju propelerjev, ki prikazuje prednosti potiska in učinkovitosti takšnih modelov za UAV. Vključuje natančno CFD analizo v različnih okoljskih pogojih in temeljito primerjavo z APC Slow Flyerjem in široko uporabljenim propelerjem UAV. Navsezadnje raziskava ponuja dragocen vpogled v tehnike načrtovanja propelerjev, kar koristi industriji UAV in povečuje učinkovitost brezpilotnih zračnih plovil.

Ključne besede: brezpilotna zračna plovila, propeler, računalniška dinamika tekočin, teorija lopatic, matematično načrtovanje