

Streszczenie

Turbiny parowe odgrywają kluczową rolę w sektorze energetycznym i przemyśle dzięki swojej wysokiej sprawności i niezawodności. Szczególne znaczenie dla osiągania wysokich sprawności ma stopień niskociśnieniowy (LP), w którym podczas rozprężania pary dochodzi do zjawiska kondensacji i powstania pary mokrej. Prowadzi to do strat energetycznych, obniżenia sprawności oraz problemów mechanicznych, takich jak erozja łopatek spowodowana uderzeniami kropeł. Niniejsza praca poświęcona jest analizie zachowania pary mokrej oraz poprawie wydajności ostatniego stopnia turbiny parowej przy użyciu zaawansowanych symulacji numerycznych oraz porównań z danymi eksperymentalnymi.

W ramach pracy oceniono kilka modeli CFD, a ich wyniki zweryfikowano na podstawie danych eksperymentalnych uzyskanych z dyszy Laval'a oraz liniowej kaskady łopatkowej. Modele oparte na równaniach wzrostu kropeł Gyarmathy'ego i Fuchsa-Sutugina, w połączeniu z odpowiednimi równaniami stanu, wykazały największą dokładność. Wyniki te podkreślają znaczenie odpowiedniego doboru modeli numerycznych dla wiarygodnego odwzorowania przepływu pary mokrej.

Dalsza część pracy obejmuje szczegółowe trójwymiarowe symulacje ostatniego stopnia turbiny parowej o mocy 200 MW. Analiza wykazała, że największe straty energetyczne występują w obszarze łopatek kierowniczych, szczególnie w pobliżu piasty i osłony wirnika. Obecność kondensacji wpływała na układ fal uderzeniowych, zmniejszenie liczby Macha w rejonach o niskim stopniu suchości oraz powodowała spadek kąta wylotowego czynnika, co przekładało się na zmniejszenie sprawności i mocy wyjściowej turbiny.

W końcowym etapie badań przeanalizowano różne modyfikacje łopatek kierowniczych, takie jak zmiany kąta obrotu wzdłuż rozpiętości, skoku, profilu oraz pochyleń osiowych i obwodowych. Najlepsze wyniki osiągnięto dla profilu typu „Bakhtar” z pochyloną łopatką w kierunku obrotu wirnika, co skutkowało wzrostem sprawności o 3.2%. Wyniki analiz pokazują, jak istotny wpływ na charakterystykę aerodynamiczną i termodynamiczną ma geometria łopatki.

Podsumowując, niniejsza praca wnosi istotny wkład w rozwój dokładnych narzędzi numerycznych do modelowania kondensacji pary w turbinach oraz dostarcza praktycznych wskazówek do optymalizacji geometrii łopatek w celu minimalizacji strat i zwiększenia efektywności energetycznej stopni turbiny.