

Autor mgr inż. Dominik Błoński
Promotor prof. dr hab. inż. Henryk Kudela
Tytuł: Numeryczne modelowanie struktur wirowych
w przestrzeni międzyłopatkowej maszyn wirnikowych

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Możliwość badania ruchu płynu poprzez śledzenie ewolucji pola wirowego jest bardzo atrakcyjną i pożądaną metodą badawczą. Płyn opływający z dużą prędkością ciała stałe, w tym łopatki maszyn wirnikowych wywołuje chwilowe zmiany rozkładu pola prędkości, prowadząc do powstawania niestacjonarnymi zjawisk. Efekty niestacjonarne mają istotny wpływ na proces generowania siły nośnej i oporu na profilach łopatek turbin. Siły te odgrywają szczególnie ważną rolę w turbinach o niskiej gęstości ułópatkowania. Do takich maszyn zaliczamy klasyczne turbiny wiatrowe oraz intensywnie rozwijane hydrokinetyczne turbiny wodne napędzane nurtem wody. Stosunek siły nośnej do siły oporu zwany współczynnikiem doskonałości aerodynamicznej jest istotnym parametrem aerodynamicznym układu kinematycznego turbiny. Poprzez odpowiednią kontrolę niestacjonarnych zjawisk wirowych możliwa jest poprawa jego wartości. Przekłada się bezpośrednio na zmianę siły obwodowej działającej na wirnik. Wzrost doskonałości aerodynamicznej profilu poprawia także współczynnik wykorzystania energii kinetycznej medium i przybliża go do limitu Betza.

Niestacjonarne efekty odgrywają również kluczową rolę w klasycznych maszynach wielostopniowych wykorzystywanych w energetyce zawodowej oraz lotnictwie. Wspólne oddziaływanie ze sobą współpracujących stopni maszyn wirnikowych jest w dzisiejszych czasach istotnym obszarem zainteresowania wielu badaczy.

W pracy zdecydowano się na przeprowadzenie badań nad kontrolą i zachowaniem się struktur wirowych przy opływie profilu łopatki turbinowej. Do tego celu opracowany został program rozwiązujący równanie transportu wirowości. Równanie to rozwiązywane jest przy użyciu metody dyskretnych wirów, która dzięki zastosowaniu algorytmu dekompozycji lepkościowej pozwala na rozwiązanie równania konwekcji i dyfuzji w dwóch krokach. Zastosowanie metody penalizacji pozwoliło na wykonywanie obliczeń opływu ciała o dowolnie złożonym kształcie. W tej metodzie ciało stałe oraz płyn traktowane są jako złoża porowate o różnych przepuszczalnościach.

W pracy przedstawiono implementację metody dyskretnych wirów, która dzięki zastosowaniu techniki obliczeń równoległych oraz wdrożenia kompaktowych schematów różnicowych wysokiego rzędu charakteryzuje się wysoką wydajnością obliczeniową połączoną z poprawioną dokładnością. Pozwala to na precyzyjne śledzenie pola wirowego przy opływach ciał z dużą liczbą Reynoldsa. Program posłużył do określenia wpływu wykonania wnęki po stronie grzbietowej profilu aerodynamicznego na zachowanie się pobliskiego pola przepływowego. Jej głównym zadaniem jest zmniejszenie oddziaływania strefy recyrkulacji i ograniczenie intensywności wirów w tej strefie. Badania numeryczne zostały uzupełnione o wizualizacje przepływu z wykorzystaniem barwników fluorescencyjnych oraz o przypadek obliczeniowy, w którym uwzględniono przepływ z warunkami periodycznymi do symulowania przepływu przez stopień o dużej gęstości ułópatkowania - palisadę łopatkową turbiny T106A.

Błoński Dominik