



Instytut Maszyn Przepływowych PAN
Ośrodek Energetyki Ciepłej
Zakład Turbin
mgr inż. Łukasz Witanowski

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Wielokryterialna optymalizacja sprawnościowa układów przepływowych turbin ciepłych z wykorzystaniem algorytmów hybrydowych”

Obiegi ciepłe małej mocy stały się w ostatnich latach tematem intensywnych badań, co wynika z ogólnoświatowego trendu transformacji energetycznej w kierunku źródeł bardziej ekologicznych, a także z dążenia do ogólnej poprawy efektywności energetycznej. Obok małych siłowni ciepłych wykorzystujących obiegi Rankine’a oraz Braytona, szczególnie obiecującą technologią zagospodarowania małych źródeł ciepła stały się tzw. obiegi ORC (z ang.: Organic Rankine Cycle).

Technologia ORC jest wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej i ciepłej z lokalnych źródeł nisko- i średnitemperaturowych. Do zasilania siłowni ORC wykorzystuje się m.in. źródła geotermalne, energię słoneczną, ciepło ze spalania biomasy, ciepło odpadowe z procesów technologicznych oraz silników spalinowych i turbin gazowych. Ze względu na duży potencjał technologii ORC odnotowuje się w ostatnich latach jej dalszy dynamiczny rozwój. Dotyczy to wielu aspektów pracy siłowni ORC i praktycznie wszystkich jej elementów, m.in. wymienników ciepła, pompy obiegowej i turbiny.

W przepływie czynnika roboczego przez turbinę ciepłą, także ORC, występują straty, które uniemożliwiają całkowitą konwersję energii ciepłej na energię mechaniczną. W pracy przedstawiono metodę optymalizacji numerycznej wspierającą proces projektowania układu przepływowego turbin ciepłych przeznaczonych do pracy w układach ORC. Omówiono model matematyczny przepływu czynnika roboczego oparty na metodzie RANS i uwzględniający rzeczywiste właściwości czynników roboczych wykorzystywanych w układach ORC oraz przedstawiono najczęściej wykorzystywane równania stanu do opisu właściwości tych czynników.

Optymalizacja układów przepływowych turbin ciepłych wymaga zastosowania nowoczesnych metod optymalizacyjnych pozwalających na ograniczenie czasu potrzebnego do przeprowadzenia całego procesu optymalizacyjnego. W pracy zastosowano szereg metod optymalizacyjnych począwszy od metod deterministycznych przez stochastyczne i kończąc na hybrydowych. W wyniku hybrydyzacji, a więc połączenia kilku algorytmów, otrzymano efektywne metody optymalizacyjne. O końcowym efekcie decyduje nie tylko algorytm optymalizacyjny, ale i poprawnie zdefiniowany opis optymalizowanej geometrii. Podczas badań wykorzystano szereg krzywych wielomianowych do opisu geometrii układów przepływowych turbin ciepłych o konstrukcji osiowej oraz promieniowo-osiowej. Opisano wyniki optymalizacji czterech układów przepływowych turbin ciepłych przeznaczonych do pracy w układach ORC. Optymalizacja umożliwiła osiągnięcie wymiernych korzyści w postaci ograniczenia strat przepływowych, a w konsekwencji poprawy sprawności układów przepływowych.

Przeprowadzono walidację eksperymentalną metody obliczeniowej dla dwóch układów przepływowych turbin ORC pracujących na różnych czynnikach roboczych otrzymując zadowalającą zbieżność rezultatów badań numerycznych i eksperymentalnych.