

Streszczenie

Rosnąca potrzeba poprawy efektywności energetycznej oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych zwiększyła zainteresowanie technologiami umożliwiającymi wykorzystanie niskotemperaturowych źródeł ciepła odpadowego. Układy chłodnicze wykorzystujące energię ciepłą stanowią obiecującą alternatywę dla konwencjonalnych, elektrycznie zasilanych jednostek, zapewniając chłodzenie przy minimalnym zużyciu energii pierwotnej. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują strumieniowe układy chłodnicze (ang. ERS), charakteryzujące się prostą budową oraz kompatybilnością z naturalnymi czynnikami chłodniczymi. Niestety jednak wydajność konwencjonalnych strumienic o stałej geometrii jest wysoce wrażliwa na zmienne warunki pracy, co ogranicza ich zastosowanie w systemach odzysku ciepła odpadowego, dla których typowa jest zmienność temperatur źródła ciepła i otoczenia. Praca doktorska przedstawia analizę numeryczną ERS zasilanego niskotemperaturowym ciepłem odpadowym, wyposażonego w strumienicę o zmiennej geometrii (ang. VGE) z zastosowaniem naturalnego czynnika propanu (R290). Celem badań było oszacowanie potencjału wykorzystania VGE w systemie ERS, który, w odróżnieniu do strumienic o stałej geometrii, jest w stanie dostosować swoją pracę do zmiennych warunków otoczenia oraz zmiennych warunków obciążenia. Kampania pomiarowa potwierdziła możliwość precyzyjnej regulacji współczynnika efekcji poprzez zmianę efektywnego przekroju gardzieli za pomocą igły regulacyjnej. W oparciu o mapy efektywności strumienicy uzyskane z wyników symulacji obliczeniowej mechaniki płynów (ang. CFD) opracowano dwa modele zredukowane (ang. ROM) strumienicy VGE: bazowy (ciśnienie-entalpia właściwa) oraz uogólniony (stosunek ciśnień i temperatury wlotowe). Oba modele ROM wiernie odwzorowały wyniki względem CFD ze średnim błędem poniżej 1% i zostały zaimplementowane w środowisku Dymola do dynamicznych symulacji ERS. Symulacje systemowe z wykorzystaniem danych pogodowych z trzech stref klimatycznych i profili ciepła odpadowego z trzech instalacji przemysłowych wykazały wzrost średniodobowego współczynnika wydajności (ang. COP) o maksymalnie 52% oraz mocy chłodniczej o maksymalnie 13% w porównaniu ze strumienicą o stałej geometrii. Układ wykorzystujący strumienicę VGE wykazał największe korzyści pracując w gorącym klimacie o z dużą dobową amplitudą temperatury. Uogólniony model ROM zastosowano także do analizy układów ERS z innymi naturalnymi czynnikami chłodniczymi. Dla układu wykorzystującego propylen (R1270) uzyskano do 21% wyższą moc chłodniczą i wzrost COP o 10% w stosunku do układu wykorzystującego R290, podczas gdy mieszaniny R290 wykazały zbliżoną lub niższą efektywność, wskazując potrzebę rozszerzenia zakresu pracy opracowanych modeli ROM lub przeprojektowania strumienicy dla innych czynników. Wyniki pracy doktorskiej potwierdziły, że pojedyncza strumienica o zmiennej geometrii może zastąpić zestaw strumienic o stałej konstrukcji, zapewniając elastyczne i efektywne chłodzenie zasilane niskotemperaturowym ciepłem odpadowym o różnej zmienności temperatury.