

Wpływ temperatury wody zaburtowej na sprawność obiegu turbiny parowej o mocy 30000 kW

W pracy przedstawiono analizę warunków pracy skraplacza na osiagi obiegu turbiny parowej dla statku handlowego. Skoncentrowano się na połączeniu technicznych aspektów chłodzenia skraplacza obiegu parowego oraz na analizie wpływu zmian w tym procesie na właściwości obiegu parowego. Sprawność oraz inne parametry obiegu mają kluczowe znaczenie dla jego zastosowania na różnych typach statków handlowych, pływających po różnych akwenach i na różnych trasach.

Z uwagi na spadek popularności siłowni parowych w ostatnich latach rozważone zostało współczesne zastosowanie turbin parowych w konwencjonalnych siłowniach okrętowych. Wyróżnione zostały tankowce, szczególnie typu VLCC (Very Large Crude Carrier) i ULCC (Ultra Large Crude Carrier) ze względu na ich dużą nośność, która wymaga bardzo dużych mocy. Drugim rodzajem wyróżnionych jednostek są gazowce służące do przewozu skroplonego gazu ziemnego LNG (ang. liquefied natural gas). Odparowujący gaz zasila kotły, które produkują parę dla turbin parowych oraz turbozespołów.

Osiagi obiegu turbiny parowej zależą od temperatury wody chłodzącej skraplacz. Analizie poddano zakres temperatur dla chłodzenia skraplacza, podkreślając, że temperatura powierzchniowa jest kluczowym czynnikiem kształtującym klimat, zwłaszcza w kontekście mórz i oceanów. Od lat 70. XX wieku coraz więcej statków wyposażanych jest w cyfrowe sensory pomiarowe temperatury wody morskiej, które zapewniają dokładne pomiary niezależne od wpływu silnika. Dodatkowo rozmieszczane są boje które stanowią ważne źródło danych o temperaturze wód. Temperatura wody chłodzącej skraplacz zmienia się w zależności od szerokości geograficznej, osiągając najwyższe wartości w strefie równikowej, a najniższe w rejonach polarnych. Przykłady to Morze Czerwone z latem osiągającym 32°C i Zatoka Perska z temperaturą 30°C latem. Morza arktyczne mają najniższe temperatury na półkuli północnej, a Morze Weddella – na południowej. Wskazano na zmiany temperatury, zasolenia i gęstości wód morskich w różnych strefach klimatycznych, wynikające z promieniowania słonecznego, opadów i parowania. W rozdziale przedstawiono również roczny wykres temperatury powierzchniowej mórz oraz wartości temperatur dla konkretnych stref klimatycznych, co ma kluczowe znaczenie dla obliczeń sprawności obiegu parowego. Uzyskane dane posłużą jako odniesienie do chłodzenia kondensatora w kontekście pracy statków napędzanych turbinami parowymi.

W pracy jako metodę badawczą zastosowano analizę numeryczną. **Celem pracy jest określenie zmian sprawności obiegu w funkcji temperatury wody chłodzącej skraplacz.** Wymagało to stworzenia modelu badawczego, który odpowiada współczesnym standardom nowoczesnej siłowni parowej. W przyjętym obiegu zastosowano turbinę wielostopniową, upustową, z poborem pary zaczepowej. Para jest pobierana z wnętrza turbiny w celu zasilania podgrzewaczy regeneracyjnych oraz odgazowywacza. Ze względu na znaczne odległości między łożyskami podpierającymi wirnik, konstrukcja turbiny została zaprojektowana jako wielokadłubowa, z podziałem na część wysokiego (WC) i niskiego ciśnienia (NC). Pomędzy korpusami następuje przegrzew międzystopniowy, przy czym zastosowano model ogniowy, co oznacza, że przegrzewanie ma miejsce w kotle. Zastosowano przekładnię zębatą, w której każda część turbiny napędza osobne koło zębate, pracując przy różnych prędkościach obrotowych. Energia przełożona z jednej części turbiny na drugą pozwoliła na efektywne wykorzystanie dostępnych zasobów oraz optymalizację działania całego obiegu parowego. W tym samym rozdziale opisano budowę, działanie oraz klasyfikację poszczególnych elementów. Rozważona została również problematyka eksploatacji turbiny we współpracy ze skraplaczem. Przy niskich wartościach temperatury wody chłodzącej kondensator, ostatnie stopnie turbiny są szczególnie narażone na proces erozji oraz korozji.

Analiza numeryczna będąca metodą roboczą pracy, zastosowana została do przeprowadzenia bilansu cieplnego. Pozwolił on na uzyskanie wartości: sprawności oraz mocy turbiny. Jest to proces wymagający założenia części danych i ewentualnego ich korygowania w dalszych etapach. Początkowo obliczono entalpie pary w punktach, gdzie następuje upust pary do wymienników. Pozwoliło to w dalszej części obliczyć ciepło oddane przez parę oraz ostatecznie masę pary pobraną przez wymienniki. Obliczenie idealnej zmiany entalpii (proces w rzeczywistości niemożliwy) umożliwiło następnie określenie rzeczywistego spadku entalpii w danej grupie turbiny. Na podstawie strumienia masy pary oraz spadku entalpii danej grupy obliczono moce generowane przez poszczególne grupy. Ich suma określa całkowitą moc generowaną przez turbinę parową. Następnie na podstawie strumienia ciepła doprowadzonego do wyprodukowanej w kotle świeżej pary oraz mocy generowanej przez turbinę, obliczona została sprawność obiegu. Obliczenia zostały przeprowadzone dla siedmiu wytypowanych temperatur w zakresie od 0°C do 30°C.

W rezultacie przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że ciśnienie skraplania wzrasta wraz ze wzrostem temperatury wody zaburtowej. Statki operujące w warunkach niskich temperatur zaburtowej wody chłodzącej charakteryzowały się niższym ciśnieniem

w skraplaczu oraz stopniem suchości pary. Zauważono, że stopień suchości pary wzrastał wraz z temperaturą wody chłodzącej oraz ciśnieniem w skraplaczu. Odniesiono się do procesu projektowania ostatnich stopni turbin, zwrócono uwagę na ochronę przed erozją i korozją. Statki poruszające się w obszarach wysokich temperatur wód powierzchniowych, są mniej wystawione na występowanie tego zjawiska z powodu większego stopnia suchości pary, dzięki czemu zjawiska korozyjne i erozyjne oddziałują w mniejszym stopniu na ostatnie stopnie turbiny. Dla niskich temperatur należy zwrócić uwagę na dobór odpowiednich materiałów, które skutecznie zapobiegają omówionym zjawiskom.

Podsumowanie

W ramach przeprowadzonej analizy skupiono się na fundamentalnych aspektach funkcjonowania obiegu parowego, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu temperatury wody chłodzącej skraplacz na wydajność całego systemu. Zidentyfikowano, że ze wzrostem temperatury wody chłodzącej dochodzi do spadku zarówno sprawności obiegu, jak i mocy turbiny. Wnioski z tej analizy zostały zobrazowane za pomocą odpowiednich wykresów, co pozwoliło na lepsze zrozumienie zachodzących zjawisk.

Badania wykazały, że dla stref klimatycznych, takich jak podzwrotnikowa, umiarkowana i okołobiegunowa, eksploatacja siłowni parowej o odpowiednio dobranych parametrach może być szczególnie opłacalna. Na podstawie wcześniej przeprowadzonych obliczeń bilansowych oraz omówienia zastosowania turbin parowych w praktyce, sformułowano argumenty na rzecz ich zastosowania na różnych trasach transportu morskiego.

Analiza skupiła się na kluczowych aspektach transportu skroplonego gazu ziemnego LNG oraz ropy naftowej, które są istotne w kontekście globalnych rynków energetycznych. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na dokładne zrozumienie, jak różne warunki klimatyczne wpływają na wydajność siłowni parowych, co ma istotne znaczenie dla efektywności transportu morskiego.

W kontekście stref klimatycznych równikowych odnotowano najniższe wskaźniki sprawności obiegu, co wskazuje na trudności związane z ich eksploatacją w tych warunkach. Wartości te ujawniają również konieczność dostosowania parametrów technicznych obiegów turbin parowych do zmieniających się warunków klimatycznych, aby zapewnić optymalną moc i efektywność.

Praca podkreśla również znaczenie odpowiedniego projektowania turbiny parowej, zwłaszcza jej ostatnich stopni, w celu maksymalizacji wydajności obiegu. Dbałość o wszelkie

urządzenia pomocnicze, takie jak podgrzewacze regeneracyjne, również została zaznaczona jako kluczowy czynnik wpływający na efektywność całego systemu. Zanieczyszczenie tych elementów może prowadzić do problemów z wymianą ciepła, co w rezultacie może negatywnie wpływać na sprawność obiegu parowego.

Podczas analizowania wyzwań związanych z projektowaniem okrętowych siłowni parowych, zauważono, że wiele z parametrów może ulegać zmianom w zależności od warunków chłodzenia kondensatora. To sprawia, że precyzyjne obliczenia bilansu energetycznego stają się niezbędne, a także, że wymagają one pewnych założeń, co może prowadzić do potencjalnych niedokładności.

Przeprowadzona analiza wskazuje na złożoność i dynamikę procesów zachodzących w turbinach parowych, a także na konieczność ich optymalizacji w kontekście zmieniających się warunków klimatycznych. Praca ta stanowi wartościowy wkład w zrozumienie tych procesów oraz ich zastosowanie w praktyce morskiego transportu skroplonego gazu i ropy naftowej.