

Obieg siłowni cieplnej ze zwiększaniem stopnia suchości pary w trakcie ekspansji w turbinie

Dziedzina techniki. Przedmiotem wynalazku jest obieg siłowni cieplnej ze zwiększaniem stopnia suchości pary w trakcie ekspansji w turbinie, przeznaczony do pracy z różnymi czynnikami.

Stan techniki. W ostatnich stopniach turbin parowych mamy z reguły do czynienia z przepływami w obszarze pary mokrej. Wiąże się to ze zmniejszeniem sprawności turbiny i zagrożeniem erozyjnym czy korozyjnym. Z tego powodu ogranicza się minimalną wartość stopnia suchości pary, a to z kolei powoduje ograniczenia w doborze ciśnienia początkowego pary świeżej wytwarzanej w kotle. Z tego względu stosowane ciśnienia początkowe są wyraźnie mniejsze od wartości zapewniających najwyższą sprawność obiegu w danym zakresie temperatur. Takiej sytuacji odpowiada obieg przedstawiony schematycznie na rys.1, a jego interpretację w układzie temperatura-entropia (T-s) pokazano na rys. 2. Aby zastosować większe ciśnienia początkowe pary stosuje się obieg z przegrzewem międzystopniowym przedstawiony na rys.3, którego interpretację w układzie T-s zamieszczono na rys.4.

Istota wynalazku. Obieg według wynalazku składa się z pompy zasilającej kocioł podnoszącej ciśnienie cieczy i podającej ją do wytwornicy pary (kotła), gdzie następuje podgrzanie, odparowanie i ewentualnie przegrzanie pary czynnika roboczego, turbiny realizującej ekspansję czynnika roboczego i oddającej moc na zewnątrz oraz skraplacza do kondensacji pary, a istota układu według wynalazku polega na tym, że część pary wyprodukowanej w wytwornicy po odpowiednim zdławieniu (obniżeniu ciśnienia), ale przegrzanej i o wysokiej entalpii, podaje się do tej części przepływowej turbiny, która pracuje w obszarze pary mokrej i dzięki temu następuje podniesienie stopnia suchości pary ekspandującej w turbinie.

Istota wynalazku polega na tym, że niewielka ilość pary o wysokich parametrach pobieranej z turbiny zapewnia wzrost stopnia suchości pary w turbinie, dzięki temu linia ekspansji w turbinie przesuwana się w obszar bardziej suchy, zwiększają się spadki entalpii w poszczególnych stopniach, maleją straty od zawilgocenia, wzrasta sprawność turbiny i maleje zagrożenie erozyjne i korozyjne.

Dzięki tym zabiegom układ według wynalazku odznacza się większą sprawnością i mocą od tradycyjnych rozwiązań. Pozwala również na zastosowanie wyższych ciśnień początkowych pary świeżej, co dodatkowo wpływa na podniesienie sprawności obiegu, gdyż zbliża do wartości ciśnień początkowych zapewniających maksymalną sprawność obiegu w danym zakresie temperatur. Zalety rozwiązania według wynalazku sprowadzają się do zapewnienia zwiększenia sprawności teoretycznej obiegu na skutek wzrostu

ciśnienia początkowego pary świeżej, do wzrostu sprawności turbiny na skutek zwiększenia stopnia suchości pary, do wzrostu mocy turbiny na skutek przesunięcia linii ekspansji w turbinie w obszar większych spadków w danym zakresie ciśnień, na zmniejszeniu zagrożenia erozyjnego i korozyjnego.

Istota wynalazku według alternatywnych rozwiązań polega na tym, że w rozwiązaniach wariantowych można:

- zastosować dodatkowe elementy, np. podnoszące sprawność obiegu, jak dodatkowe przegrzewy pary, zaczepy regeneracyjne, upusty itp.,
- tworzyć obiegi kombinowane z innymi obiegami (także innych typów),
- tworzyć układy kogeneracyjne i poligeneracyjne.

Zaletami rozwiązania według wynalazku są:

- Zwiększenia sprawności teoretycznej obiegu na skutek zapewnienia możliwości wzrostu ciśnienia początkowego pary świeżej bez konieczności stosowania drogiego, komplikującego konstrukcję kotła i turbiny przegrzewu międzystopniowego.
- Zwiększenie sprawności turbiny na skutek zwiększenia stopnia suchości pary czynnika roboczego.
- Zwiększenie mocy turbiny na skutek przesunięcia linii ekspansji w turbinie w obszar większych spadków entalpii w danym zakresie ciśnień.
- Zmniejszeniu zagrożenia erozyjnego i korozyjnego jako rezultat wzrostu stopnia suchości pary.
- Wyeliminowanie konieczności podziału turbiny na dwa cylindry, co ma miejsce w przypadku zastosowania tradycyjnego przegrzewu międzystopniowego.
- Stworzenie możliwości uproszczenia i potania konstrukcji kotła na skutek z rezygnacji przegrzewu międzystopniowego.
- Układ może być stosowany zarówno w przypadku wody/pary wodnej, jak i innych czynników roboczych, w tym organicznych.

Objaśnienie figur na rysunku. Przedmiot wynalazku pokazano na przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig.1 przedstawia układ siłowni cieplnej według wynalazku, a odpowiadającą mu interpretację w układzie temperatura-entropia dla przykładowych parametrów projektowych przedstawiono na fig.2 dla czynnika roboczego jakim jest woda/para wodna.

Przykład wykonania wynalazku. Przykładowe rozwiązanie pokazano na fig.1. Układ składa się z turbiny I napędzającej generator elektryczny II, skraplacza III, pompy obiegowej IV, wytwornicy pary V.

Charakterystyczne punkty obiegu:

- 0- czynnik roboczy przed turbiną (po wyjściu z wytwornicy pary),
- 2- czynnik roboczy za turbiną,
- 3- czynnik roboczy za skraplaczem (kondensat),
- 4- czynnik roboczy za pompą.

Pompa zasilająca (obiegowa) IV zwiększa ciśnienie czynnika roboczego i podaje go do wytwornicy pary V, gdzie kosztem doprowadzonego ciepła następuje podgrzanie, odparowanie i ewentualne przegrzanie pary czynnika roboczego. Para z wytwornicy V rozdziela się i płynie głównym rurociągiem a oraz rurociągami pomocniczymi b. Rurociągiem a para kierowana jest do wlotu turbiny, gdzie ekspanduje (od punktu 0 do punktu 2) i oddaje przy tym moc do napędu generatora elektrycznego II. Gdy ekspansja w turbinie przebiega w obszarze pary mokrej do części przepływowej turbiny (np. pomiędzy poszczególnymi stopniami lub palisadami turbinowymi) doprowadzona jest odpowiednio zdławiona para rurociągami b. Para ta posiada większą entalpię i temperaturę, niż para już ekspandująca w turbinie i to pozwala w procesie mieszania podnieść entalpię i stopień suchości pary pracującej w turbinie. Po ekspansji w turbinie para wykrapla się w skraplaczu III, a następnie dopływa do pompy IV i cykl się powtarza.

Przykładową linię ekspansji w turbinie w obszarze wodnej pary mokrej przedstawiono na fig.2 w układzie entalpia-entropia (i-s) oraz na fig.3 w układzie temperatura-entropia (T-s). Porównano tam linię ekspansji w turbinie w obiegu tradycyjnym (linia 1, czerwona) oraz linię ekspansji w turbinie w obiegu według wynalazku (linia 2, niebieska). Rysunki fig.2 i fig.3 udowadniają fizyczną możliwość realizacji poszczególnych przemian i procesów termodynamicznych cyklu pokazanego na fig.1 i wynika z nich, że w obiegu według wynalazku linia ekspansji w turbinie przebiega w obszarze pary bardziej suchej i o większych spadkach entalpii..

Rozwiązanie alternatywne przedstawione na fig.4 stanowi przykład obiegu, w którym cała turbina pracuje w obszarze pary mokrej i stanowi ono szczególny przypadek rozwiązania przedstawionego na fig.1

WYKAZ OZNACZEŃ NA RYSUNKU

- I – turbina cieplna
- II - generator elektryczny
- III –skraplacz,
- IV - pompa obiegowa,
- V- wytwornica pary.

Charakterystyczne punkty obiegu:

- 0- czynnik roboczy przed turbiną (po wyjściu z wytwornicy pary),
- 2- czynnik roboczy za turbiną,
- 3- czynnik roboczy za skraplaczem (kondensat),
- 4- czynnik roboczy za pompą.