

Tytuł: Optymalizacja pracy skraplaczy turbinowych w pełnym paśmie regulacji obciążenia

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę możliwości poprawy sprawności bloków energetycznych z turbinami kondensacyjnymi i upustowo-kondensacyjnymi, poprzez ingerencję w układ wody chłodzącej skraplaczy głównych.

Badania rozpoczęto od sprawdzenia wpływu konfiguracji połączenia wielu skraplaczy po stronie wody chłodzącej na efektywność bloku kondensacyjnego. W przypadku bloków dużej mocy (800-1000MW), gdzie przeważnie mamy do czynienia z trzema skraplaczami sprawdzono, jaki jest najkorzystniejszy układ połączeń kondensatorów głównych po stronie wody chłodzącej, aby uzyskać najwyższą sprawność bloku energetycznego. Zadanie rozwiązano analizując sam efekt energetyczny, jak również wpływ oporów hydraulicznych instalacji na pracę pomp i sprawność netto turbozespołu. Następnie wprowadzono modyfikacje instalacji badanych układów, tak by dobrać najkorzystniejszy wariant ich pracy, w zależności od warunków panujących na obiekcie przemysłowym. Badania wykonano dla pełnego zakresu obciążenia bloku.

Kolejno wykonano ocenę możliwości regulacji przepływu wody chłodzącej i jej wpływu na sprawność netto dwóch rozpatrywanych jednostek. Ponieważ sprawność układu znacznie spada wraz ze spadkiem obciążenia turbiny sprawdzono, czy istnieje uzasadnienie ekonomiczne dla zmniejszania ilości wody chłodzącej przy niskim przepływie pary wylotowej z części NP turbiny i czy takie rozwiązanie jest możliwe w praktycznej implementacji. Dostosowanie przepływu wody chłodzącej, w zależności od obciążenia części NP turbiny, zostało zbadane zarówno dla bloków z turbinami kondensacyjnymi, jak i bloków ciepłowniczych z turbinami upustowo-kondensacyjnymi.

Wykonując badania uwzględniono cały obieg para-kondensat, analizując wpływ zmiany ciśnienia pary wylotowej z turbiny na zmiany rozprężu pary i jej parametrów termodynamicznych. Prawidłowe obliczenie tej wartości jest istotne dla poprawności wykonanych badań. W pracy przeanalizowano różne algorytmy służące do wyznaczenia ciśnienia wylotowego z turbiny kondensacyjnej, porównano ich złożoność i komplet danych potrzebnych do obliczeń, tak by końcowo wybrać równania najlepiej opisujące zjawiska występujące w kondensatorze. Model matematyczny skraplacza oparto o trzy metody obliczeń współczynnika przenikania ciepła: równania kryterialne, metodę HEI oraz standard ASME. Wybór najkorzystniejszego modelu oparto o weryfikacje na podstawie danych z obiektu rzeczywistego.

Bazując na danych obiektowych, w celu wykonania analizy wpływu regulacji wody chłodzącej na sprawność całego bloku, obliczono charakterystykę instalacji. W kalkulacjach uwzględniono rzeczywiste charakterystyki pomp zainstalowanych na obiektach, co umożliwiło dokładną weryfikację potencjalnych zysków.

W końcowej części pracy przedstawiono oprogramowanie wykonane w komercyjnych narzędziach DCS Valmet DNA, służące do bilansowania bloku i obliczeń optymalnego przepływu wody chłodzącej dla danego punktu lub określonego zakresu pracy bloku ciepłowniczego.

Optymalizacja pracy analizowanych jednostek dała oczekiwane korzyści. Używając algorytmu HEI do obliczenia ciśnienia panującego w skraplaczu, jako najkorzystniejszą konfigurację połączenia skraplaczy uznano konfigurację szeregową, bez względu na możliwość wdrożenia regulacji wody chłodzącej. Chociaż układ ten generuje największe opory hydrauliczne, ostateczne zyski są największe. Kolejnym wynikiem przeprowadzonych analiz było uznanie za zasadne wdrożenie regulacji wody chłodzącej w obu badanych jednostkach. Dla bloku kondensacyjnego zyski są widoczne poniżej 80% obciążenia turbiny. Jednak w tym punkcie istotnym ograniczeniem implementacji regulacji na obiekcie przemysłowym okazały się być dopuszczalne warunki pracy poszczególnych części instalacji wody chłodzącej. W badanym bloku ciepłowniczym pierwsze zyski z zastosowania zmiennego przepływu wody chłodzącej są także widoczne poniżej 80% obciążenia skraplacza, jednak, aby osiągnąć profit, przepływ pary przez część NP nie powinien przekraczać połowy obciążenia nominalnego.