

Streszczenie rozprawy doktorskiej: Ocena techniczno-ekonomiczna koncepcji integracji bloku gazowo-parowego (CCGT) z adiabatycznym magazynem energii sprężonego powietrza (ACAES)

W pracy tej badane są efekty rozbudowy obecnie działającej elektrowni z turbiną gazową w cyklu kombinowanym (CCGT) o integrację termiczną z instalacją magazynu sprężonego powietrza (CAES). Celem pracy jest zbudowanie modelu integrowanego układu, ocena jego wykonalności technicznej i ekonomicznej oraz podanie prognozowanej wartości, jaką owa integracja mogłaby wygenerować. W pracy postawiono hipotezę, że dodatkowa inwestycja w rozbudowę CCGT o instalację CAES będzie opłacalna, ponieważ zapewni korzyści w postaci wysokiej elastyczności pracy. Spodziewane są wyższe marże na sprzedaży energii elektrycznej oraz niższe koszty pracy cyklicznej. Te drugie miałyby wynikać z rzadszych odstawień i wyższej wartości FLEOH (odpowiednika godzin pracy przy pełnym obciążeniu) po integracji.

Cel pracy osiągnięto poprzez zbudowanie dwóch modeli realistycznego przypadku badawczego zintegrowanej termicznie instalacji CCGT-CAES: termodynamicznego i ekonomicznego. Pierwszy model dostarcza wartości wejściowe dla drugiego modelu. Oba modele zostały opracowane w języku programowania Python bez użycia narzędzi do modelowania procesów lub specjalistycznych narzędzi branżowych. Elektrociepłownia wzorowana była na starym bloku PGE Gorzów. Główną cechą koncepcji integracji CCGT-CAES jest wykorzystanie instalacji CCGT jako odbiorcy i dostawcy ciepła dla CAES, tak aby ta ostatnia funkcjonowała jako system adiabatyczny bez potrzeby magazynowania energii cieplnej. Z drugiej strony proponowane rozwiązanie poprawia elastyczność pracy CCGT, ponieważ ciepło sprężania powietrza dla systemu CAES może być wykorzystane do utrzymania wysokiej temperatury w kotle odzysknicowym. W ten sposób można uniknąć cyklu schładzania części parowej w czasie niskich cen energii elektrycznej.

Ogólna struktura pracy składa się z sześciu rozdziałów. Rozdział pierwszy zawiera wprowadzenie do rozważanego zagadnienia oraz przedstawia motywację, zakres i hipotezę pracy. Przedstawiona jest obecna sytuacja na rynku energii w Polsce, w szczególności problem dotkliwych i narastających niedoborów mocy oraz wymóg bardziej elastycznej pracy elektrowni konwencjonalnych ze względu na rozwój trudno przewidywalnych odnawialnych źródeł energii (OZE). Następnie przedstawiono sposoby zwiększania elastyczności elektrowni konwencjonalnych. Jednym z nich jest integracja elektrowni z magazynem energii. Motywacja do zastosowania optymalnego grafiku generowania energii elektrycznej do właściwej oceny inwestycji w wytwarzanie energii elektrycznej kończy rozdział.

W rozdziale 2 przedstawiono przegląd ramowych uwarunkowań ekonomicznych polskiego rynku elektroenergetycznego, w szczególności struktury wytwarzania energii. Dodatkowo przedstawiono zagadnienia z teorii rynku energii elektrycznej. Te podstawowe informacje powinny umożliwić lepsze zrozumienie wyników przedstawionych w rozdziale 5.

W rozdziale 3 został wyprowadzony i przedstawiony termodynamiczny model elektrowni, składający się z instalacji CAES i elektrociepłowni CCGT. Przedstawiono dane wejściowe do analizy, założenia, koncepcję integracji oraz bilanse masy i energii. Wyniki modelu termodynamicznego przedstawiono na końcu rozdziału.

W rozdziale 4 przedstawiono model optymalizacji pracy elektrowni uczestniczącej w rynku spot. Najpierw przedstawiono wgląd w ekonomiczną wycenę aktywów wytwórczych. Następnie sformułowano problem nieliniowej optymalizacji z ograniczeniami zintegrowanej elektrowni CCGT-CAES. Na koniec podane są założenia ekonomiczne.

W rozdziale 5 przedstawiono wyniki symulacji obliczeniowych dla trzech przypadków: 1) elektrociepłowni CCGT pracującej niezależnie, 2) elektrociepłowni CCGT zintegrowanej termicznie z instalacją CAES, 3) elektrociepłowni CCGT zintegrowanej termicznie z instalacją magazynowania energii o sprawności 81% (porównywalnej z PHS). Następnie podsumowano i porównano profile pracy dla tych trzech przypadków. Dodatkowe przychody uzyskane z integracji CEAS, obliczone jako jej szacowany wpływ na wynik finansowy, zestawione są z szacowanymi dodatkowymi kosztami kapitałowymi inwestycji.

Rozdział 6 podsumowuje najważniejsze wyniki obliczeń oraz omawia owe wyniki i wnioski płynące z niniejszej analizy.