

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY
W SZCZECINIE
WYDZIAŁ TECHNIKI MORSKIEJ I TRANSPORTU
Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki

Praca doktorska

**Analiza energetyczna i ekonomiczna turbogazowej mikrośirowni
kogeneracyjnej z akumulacją energii – pracującej
ze zmiennym obciążeniem w systemie wyspowym**

Doktorant:

mgr inż. Wojciech Rachtan

Promotor:

prof. dr hab. inż. Leszek Malinowski

Szczecin, 2015 r.

Streszczenie

W rozprawie doktorskiej przedstawiono model obliczeniowy, który umożliwia analizę energetyczną i ekonomiczną turbogazowej mikrośiłowni kogeneracyjnej z akumulacją energii – pracującej ze zmiennym obciążeniem w systemie wyspowym. W skład mikrośiłowni wchodzi: mikroturbina, wymiennik odzyskowy spaliny-woda, elektrochemiczne akumulatory energii elektrycznej oraz zbiorniki ciepłej wody stanowiące akumulatory ciepła. Model obliczeniowy może zostać zastosowany do analizy opłacalności inwestycji polegającej na budowie i wykorzystaniu układu, do wspomagania procesu projektowania (doboru urządzeń) lub do określania sposobu eksploatacji układu zapewniającego pokrycie zapotrzebowania na energię zasilanych odbiorców przy najniższych kosztach eksploatacyjnych.

W pracy zrealizowane zostały następujące zadania, których efektem jest model obliczeniowy układu kogeneracyjnego. Wykonano przegląd literatury, który wykazał duże zainteresowanie w ostatnich latach energetyką rozproszoną. Omówiono warunki i problematykę pracy wyspowych układów kogeneracyjnych. Określono zakres przedmiotowy badań i przeznaczenie opracowywanego modelu obliczeniowego oraz zdefiniowano wymagany zakres i wymaganą formę uzyskiwanych wyników. Opracowano modele obliczeniowe poszczególnych urządzeń układu kogeneracyjnego i wykonano walidację tych modeli. Został opracowany sposób wykonywania symulacji pracy całego analizowanego układu kogeneracyjnego. Opracowana metoda pozwala na symulacje pracy układu dla różnych charakterystyk zapotrzebowania, określonych przez zmieniające się w czasie wartości zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło użytkowe.

W pracy przedstawiono wyniki przykładowych obliczeń uzyskane z wykorzystaniem opracowanego modelu. Zaprezentowane są możliwości przewidywania zachowania się części elektrycznej i ciepłowniczej układu. Określone są przewidywane wartości: stanu naładowania akumulatorów energii elektrycznej i temperatury wody w zasobnikach (akumulatorach ciepła). Wyznaczona jest ilość ciepła użytkowego produkowanego przez układ kogeneracyjny. W ten sposób zweryfikowany jest dobór pojemności akumulatorów energii elektrycznej i ciepła oraz potwierdzona jest możliwość pokrycia zapotrzebowania na energię zasilanych odbiorców. Obliczone jest zużycie paliwa oraz określony jest wynik ekonomiczny pracy układu. W pracy zaprezentowano również wnioski, jakie można wyciągnąć z przykładowych wyników obliczeń.

W efekcie potwierdzono, że metoda symulacji obliczeniowych układu kogeneracyjnego z akumulacją energii, wykonywanych z użyciem opracowanego modelu obliczeniowego, jest odpowiednia do rozwiązania wybranych problemów inwestycyjnych, projektowych i eksploatacyjnych. Metoda ta pozwala na zmniejszenie ryzyka inwestycyjnego i ujawnienie potencjalnej opłacalności rozpatrywanego układu kogeneracyjnego.

Słowa kluczowe

kogeneracja, układy kogeneracyjne, urządzenia kogeneracyjne, bloki elektrociepłownicze, mikroturbiny, odzysk ciepła, układy wyspowe, akumulatory, akumulacja energii, model obliczeniowy, symulacje pracy, przewidywanie wyników pracy

English title

An energetic and economic analysis of a stand-alone microturbine combined heat and power system with energy storage – operating under variable load

Abstract

A calculation model for a stand-alone microturbine combined heat and power system with energy storage – operating under variable load was developed. The system is based on a microturbine, exhaust-to-water heat recovery unit, electrochemical electric battery and water tank thermal energy storage. The developed model may be used for either an economic evaluation of an investment in such a system, or aiding a design process (device selection), or determining appropriate system usage to ensure meeting the entire demand for energy at possibly low cost of operation.

In order to develop the calculation model, the following tasks were performed. A literature review was carried out. It shows recent considerable interest of a distributed energy production. Scope of work and purpose of the calculation model were stated. Operating conditions and issues were analyzed. Scope and form of required calculation results were set. Calculation models for performance prediction of separate devices of the system were developed. The models were validated. Calculation procedure for prediction of performance of complete cogeneration system was written. The developed method allows simulation of the system performance under various loads, in the meaning of different variable electrical and heating load profiles for a simulation time period.

Sample calculation results obtained by the developed model were presented. Predictive capability of the model, including prediction of electrical and heat generation subsystems performance, was presented. Changes of electric battery state of charge and temperature variations of thermal energy storage tanks are simulated. Useful heat output is calculated. Therefore, a capability of the system to meet energy demand is verified. Fuel consumption is determined. Moreover, an economic evaluation considering the system performance is done. Sample calculation results were analyzed.

It is shown, that the calculation method for performance prediction of stand-alone microturbine combined heat and power system with energy storage – operating under variable load, is appropriate to resolve some selected investment, design, and operating problems. The method lets reduce an investment uncertainty and reveals potential advantages of investment in such a system.

Keywords

cogeneration, combined heat and power (chp), chp units, microturbines, heat recovery, island mode, stand-alone mode, batteries, energy storage, thermal energy storage (tes), calculation model, performance simulation, performance prediction