

Streszczenie

Obecnie branża energetyczna jest w momencie przełomowej transformacji. Obserwowane w ostatnich latach zmiany klimatu, pociągają za sobą potrzebę redukcji emisji CO₂, co skutkuje wzrostem cen energii elektrycznej. To z kolei skłania przemysł do minimalizacji zużycia energii. Zainteresowania autora koncentrują się na kwestiach działania instalacji energetycznych w zastosowaniach przemysłowych.

Autor stawia następującą tezę: „*Kompleksowe modelowanie obiektów przemysłowych takich jak oczyszczalnie ścieków może być wykorzystane w optymalizacji sterowania prowadzącej do minimalizacji zużycia energii*”. Autor zakłada, że złożone algorytmy optymalizacji energetycznej mogą być zaimplementowane numerycznie w instalacji takiego obiektu przemysłowego, jakim jest wspomniana powyżej oczyszczalnia ścieków. Praca bazuje na danych pochodzących z Zakładu Oczyszczania Ścieków Płaszów w Krakowie.

Głównym tematem pracy jest modelowanie oczyszczalni ścieków. Przeanalizowano proces napowietrzania ścieków, ponieważ jest to najbardziej energochłonna część procesu. Omówiono dostępne modyfikacje sterowania instalacją. W realizacji docelowej porównano wydajność modelu reaktora i dmuchaw z dostępnymi danymi pomiarowymi. Przygotowano model Matlab/Simulink, aby umożliwić optymalizację energetyczną oczyszczalni ścieków. Dzięki temu liczbowemu obrazowi możliwe jest swobodne testowanie różnych algorytmów optymalizacji energetycznej bez konieczności ingerencji w pracę istniejącej instalacji.

Sprawdzono działanie wirtualnej oczyszczalni ścieków. Przygotowano autorską procedurę testowania niepewności w złożonej strategii sterowania reaktorami i dmuchawami. Wykonano działania, które badają parametry zaimplementowane w modelu. Analiza Morrisa ujawniła parametry najistotniejsze w procesie oczyszczania ścieków. Autor zaimplementował estymację stanu w celu sprawdzenia wydajności oczyszczalni ścieków i identyfikacji parametrów za pomocą Rozszerzonego Filtru Kalmana (EKF).

Głównym celem pracy jest wykorzystanie algorytmów optymalizacji w sterowaniu oczyszczalniami ścieków z wykorzystaniem modeli numerycznych oczyszczalni ścieków. Autor zdecydował się na praktykę polegającą na zmianie czasu przełączenia oraz przestoju dmuchaw w celu doboru optymalnej pracy stacji sześciu dmuchaw w instalacji. W dalszej kolejności w ten sposób przeprowadzono optymalizację energetyczną dmuchaw pod kątem redukcji zużycia elektryczności.

Można znaleźć wkład rozprawy do aktualnych zasobów naukowych. Praca obejmuje wykonanie kompleksowej symulacji biologicznej reaktorów ściekowych w Oczyszczalni Ścieków Płaszów w Krakowie. Dzięki ich wykorzystaniu udało się zrealizować cel rozprawy - udowodnić możliwość stosowania algorytmów optymalizacji energetycznej w przemysłowych instalacjach oczyszczalni ścieków. Według obecnej najlepszej wiedzy taka analiza jest pierwszym takim podejściem dla krakowskiej oczyszczalni ścieków.

Krzysztof Pawa

25.V.2022

Abstract

Currently, the energy industry is at the time of a groundbreaking transformation which results in the dispersion of energy sources. The need for transformation is caused by the climate change observed in recent years, which entails the need to reduce CO₂ emissions. The effect is an increase in electricity prices, prompting industry to minimize energy consumption. The author's interests focus especially on the issues of energy installations in industrial applications.

The author has put forward the thesis that *"Comprehensive modeling of the industrial facilities like wastewater treatment plants can be used in optimization of control leading to minimization of electric energy consumption."* The author assumes that complex energy optimization algorithms can be implemented numerically in the installation of an industrial facility such as the above-mentioned sewage treatment plant (WWTP). Such a model is based on data from the existing Płaszów WWTP in Krakow.

Modelling of wastewater treatment plants has been chosen as the main topic. Aeration has been analyzed, as it is the most energy-consuming part of the process. The available modifications to the control of the installation have been discussed. The target implementation compared the performance of the reactor model and blowers with the available measurement data. A Matlab/Simulink model has been prepared to enable energy optimization of the treatment plant facility. Thanks to this numerical image, it is possible to freely test various energy optimization algorithms without the need to interfere with the operation of the existing installation.

The operation of virtual WWTP is validated. A proprietary uncertainty testing procedure in a complex strategy for controlling reactors and blowers has been prepared. Actions are performed to validate the parameters implemented in the model. Morris analysis has revealed the parameters of the most essential introduction process. The author has taken the state estimation to check the cleaning efficiency and identify the parameters with the Extended Kalman Filter.

The main purpose of the work is to use the optimization algorithms in the control of wastewater treatment plants with the use of numerical models of WWTP. The author has decided on the practice of changing the switching time and downtime of the blowers' in order to select the optimal operation of the station of six blowers in the installation. Subsequently, the energy optimization of the blowers has been thereby carried out in terms of reducing electricity consumption.

One can acknowledge the dissertation's contribution to the current scientific resources. The work covers the implementation of a complex biological simulation of sewage reactors in Płaszów Sewage Treatment Plant in Kraków. Thanks to their use, it was possible to achieve the aim of the dissertation - to prove the possibility of using energy optimization algorithms in industrial installations of sewage treatment plants. To the best of author's knowledge, this analysis is the first such approach for the Kraków sewage treatment plant.



25.4.2022