

Streszczenie

Wraz z ciągłym rozwojem i popularyzacją elektroniki i technologii informatycznych, rośnie również zapotrzebowanie na ośrodki zapewniające dostęp do mocy obliczeniowej oraz przestrzeni dyskowej. Te ośrodki to serwerownie, które do poprawnej pracy wymagają ciągłego chłodzenia przestrzeni zawierających sprzęt komputerowy i techniczny. Muszą więc posiadać niezawodny, redundantny system chłodzenia. Przykładem takiej serwerowni jest obiekt POLCOM w Skawinie pod Krakowem.

Serwerownie zużywają znaczne ilości energii elektrycznej. Duży udział (około 40%) w tym zużyciu mają systemy chłodnicze. Zwiększenie ich efektywności przyczyni się więc do zauważalnego ograniczenia zużycia energii elektrycznej. Tematem rozprawy jest opracowanie i wdrożenie modernizacji sprzętowo-programowej systemu chłodzenia w serwerowni POLCOM, której celem jest zwiększenie efektywności systemu.

Z uwagi na specyfikę wymagającego środowiska produkcyjnego (praca systemów w reżimie 24 godziny na dobę oraz konieczność ścisłego utrzymywania parametrów pracy), przeprowadzenie badań na pracującym systemie było bardzo utrudnione. Z tego powodu, jako bazę informacji do opracowania modernizacji systemu chłodniczego wybrano historyczne dane procesowe, które podano analizie. Na jej podstawie określono zakres i planowany efekt modernizacji.

Na podstawie analizy danych historycznych stwierdzono, że największy wpływ na średnioroczną efektywność systemu chłodzenia ma wydłużenie czasu pracy w energooszczędnym trybie swobodnego chłodzenia (ang. Freecooling). Pierwotnie, system chłodniczy serwerowni POLCOM nie pozwalał na wybór trybu pracy przez system zarządzający, co skutkowało brakiem wpływu na czas pracy w trybie Freecooling, gdyż decydowały o tym urządzenia chłodnicze, na podstawie wewnętrznych, fabrycznych algorytmów sterowania. Nie zawsze jednak były one pozytywnie oceniane.

Podjęto więc decyzję o zaprojektowaniu takiego systemu chłodniczego, dla którego moment przełączenia trybu pracy będzie mógł być sterowany przez system zarządzający. W tym celu, zrezygnowano z zewnętrznych agregatów chłodniczych z wbudowanymi wymiennikami ciepła, na rzecz agregatów wewnętrznych połączonych z zewnętrznymi wymiennikami ciepła. Ta zmiana (rozdzielnie funkcjonalności), w połączeniu z wyposażeniem systemu chłodniczego w odpowiednie czujniki i elementy wykonawcze pozwoliła na realizację założeń. Powstał system chłodniczy o zdecentralizowanych podzespołach, których współpracę kontrolował autorski nadrzędny algorytm sterowania.

Dzięki uzyskaniu możliwości wpływu na punkt przełączania trybu pracy systemu oraz zastosowaniu odpowiednio wydajnych wymienników zewnętrznych, możliwe było zwiększenie czasu pracy w trybie energooszczędnym.

Osobny rozdział poświęcono identyfikacji pracy wymiennika zewnętrznego. Określono obszary, w których jakość regulacji temperatury wyjściowej cieczy była niewystarczająca. Problem rozwiązano poprzez zastąpienie standardowego (dla tego typu urządzeń) regulatora typu PID, opracowanym autorskim regulatorem hybrydowym. Regulator hybrydowy zbudowano w oparciu o zidentyfikowaną nieliniową charakterystykę wydajności wymiennika, regulator rozmyty oraz człon korygujący błąd regulacji.

Przeprowadzono analizę porównawczą systemu z przed i po modernizacji, omówiono wzrost współczynnika efektywności systemu chłodzenia, zdefiniowano i porównano wskaźniki jakości sterowania. Finałnie dokonano analizy ekonomicznej przeprowadzonych prac modernizacyjnych, określono czas zwrotu inwestycji oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych. W rezultacie podjętych prac badawczo-rozwojowych i modernizacyjnych, uzyskano skrócenie o 7 miesięcy czasu zwrotu inwestycji, wzrost współczynnika COP o 182%, redukcję CO₂ o 674 ton CO₂ rocznie i oszczędności w zużyciu energii elektrycznej wynoszące 1011,4 MWh.

Słowa kluczowe: serwerownia, system chłodniczy, chłodzenie swobodne, regulator rozmyty, dane eksperymentalne, efektywność

27.09.2023

Mateusz Borowski

Abstract

With the continuous development and popularization of electronics and information technology, there is also a growing need for centers that provide access to computing power and disk space. These centers are Data Centers, which require continuous cooling of spaces containing computer and technical equipment in order to work properly. They must therefore have a reliable, redundant cooling system. An example of such a Data Center is the POLCOM facility in Skawina near Krakow.

Data Centers consume significant amounts of electricity. Cooling systems account for a large share (about 40 percent) of this consumption. Increasing their efficiency will therefore contribute to a noticeable reduction in electricity consumption. The subject of the dissertation is the development and implementation of a hardware and software upgrade of the cooling system in POLCOM's Data Center, aimed at increasing the efficiency of the system.

Due to the nature of the demanding production environment (operation of systems in a 24-hour regime and the need to strictly maintain operating parameters), it was very difficult to conduct tests on the working system. For this reason, historical process data was determined as the information base for the development of the refrigeration system upgrade, which was given to the analysis. Based on it, the scope and planned effect of the upgrade were determined.

Based on the analysis of historical data, it was found that the greatest impact on the average annual efficiency of the cooling system is the extension of the operating time in the energy-efficient Freecooling mode. Originally, the cooling system of the POLCOM Data Center did not allow the management system to select the mode of operation, resulting in a lack of influence on the operating time in Freecooling mode. The refrigeration equipment, based on internal factory algorithms, decided this choice. However, these decisions were not always evaluated positively.

So the decision was made to design a refrigeration system for which the timing of the mode switch could be controlled by the management system. To this end, external chillers with built-in heat exchangers were abandoned in favor of indoor chillers connected to external heat exchangers. This change (separating functionality), combined with equipping the refrigeration system with the appropriate sensors and actuators, made it possible to realize the objectives. The result was a refrigeration system with decentralized components, the cooperation of which was controlled by a proprietary master control algorithm. By acquiring the ability to influence the switching point of the system's operating mode and using suitably efficient external exchangers, it was possible to increase the operating time in energy-saving mode.

A separate chapter was devoted to the operation of the external heat exchanger. The regions with insufficient control quality were identified. The nonlinear characteristics of the heat-exchanger was identified. The

embedded standard PID-type controller was replaced with a custom hybrid controller developed. The hybrid controller was designed on the basis of the non-linear exchanger performance characteristics, structure of two fuzzy controllers (for the freecooling and compressor modes) and a control error correction component.

A comparative analysis of the system before and after modernisation was carried out, the increase in the cooling system efficiency ratio was discussed, and control quality indicators were defined and compared. Finally, an economic analysis of the modernisation work carried out was carried out, and the payback time of the investment and the reduction in greenhouse gas emissions were determined. As a result of the R&D and retrofit work undertaken, a reduction of 7 months in payback time, an increase in COP of 182%, a reduction in CO₂ of 674 tonnes CO₂ per year and savings in electricity consumption of 1011.4 MWh were achieved.

Keywords: Data Center, cooling system, freecooling, fuzzy controller, experimental data, efficiency

27.09.2023

Mateusz Borowski