

ZAŁĄCZNIK NR 2
do Regulaminu w zakresie nadania stopnia doktora

Gliwice 26.09.2025

Piotr Józef Hylla

email: phylla@komag.eu

Temat:

HYBRYDOWE MAGAZYNY ENERGII – ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA UDZIAŁU OZE W SUMARYCZNEJ PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Streszczenie (PL)

W pracy zaprezentowano koncepcję innowacyjnego układu do zarządzania przepływem energii elektrycznej w instalacjach obiektów mieszkalnych, takich jak domy jednorodzinne i akademiki. Rozwiązanie oparte zostało na algorytmach logiki rozmytej, które pozwalają na bardziej elastyczne i inteligentne sterowanie przepływem energii pomiędzy źródłami odnawialnymi, magazynami energii oraz odbiornikami.

Punktem wyjścia badań było rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną wynikające z elektryfikacji życia codziennego, popularyzacji elektromobilności, pomp ciepła i klimatyzacji, a także postępującej transformacji energetycznej odchodzącej od elektrowni konwencjonalnych na rzecz odnawialnych źródeł energii (OZE). Wskazano, że zwiększenie autokonsumpcji energii w ramach pojedynczego obiektu może być kluczowym sposobem na ograniczenie problemów związanych z niestabilnością OZE. Analizie poddano różne technologie magazynowania energii, zwracając uwagę na konieczność hybrydyzacji magazynów dobowych i sezonowych w celu uzyskania większej elastyczności systemu.

Na potrzeby badań przeprowadzono bilans energetyczny trzech rzeczywistych obiektów mieszkalnych, a następnie opracowano modele integracji instalacji PV, magazynów energii oraz odbiorników. Opracowany w środowisku MATLAB/Simulink model routera energii umożliwił symulację pracy systemu z zastosowaniem różnych metod zarządzania przepływem energii. Szczególną uwagę poświęcono algorytmowi logiki rozmytej, dla którego zdefiniowano funkcje przynależności i zestaw reguł sterowania obejmujący wszystkie możliwe stany układu.

Wyniki badań wykazały, że odpowiednio dobrane reguły sterowania oraz właściwa metoda defuzyfikacji (najlepsze wyniki uzyskano metodą bisector) pozwalają na osiągnięcie autokonsumpcji i niezależności energetycznej na poziomie powyżej 90% w skali roku. Analizy potwierdziły, że zastosowanie hybrydowych magazynów energii oraz algorytmów logiki rozmytej w systemach EMS umożliwia znaczące zwiększenie udziału OZE w bilansie energetycznym obiektów mieszkalnych.

Zaproponowany algorytm i model systemu mogą stanowić podstawę do wdrożenia w ramach platformy zarządzania energią (PZE), integrującej zróżnicowane źródła i magazyny energii. Powszechne wdrożenie tego typu rozwiązań pozwoliłoby ograniczyć zapotrzebowanie na energię z elektrowni konwencjonalnych i przyspieszyć proces transformacji energetycznej w kierunku gospodarki opartej na OZE.

Topic:

HYBRID ENERGY STORAGE – ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES TO INCREASE THE SHARE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN TOTAL ELECTRICITY PRODUCTION

Abstract (EN)

This dissertation presents an innovative system for managing energy flows in residential buildings, such as single-family houses and dormitories, based on fuzzy logic algorithms. The proposed solution enables intelligent and flexible control of energy exchange between renewable energy sources, energy storage systems, and end-users.

The motivation for this research stems from the increasing demand for electricity driven by the electrification of everyday life, the growing popularity of electromobility, heat pumps, and air conditioning, as well as the ongoing energy transition away from conventional fossil-based power plants toward renewable energy sources (RES). A key observation was that maximizing self-consumption of locally generated renewable energy within a single building can significantly mitigate the instability issues associated with RES. Various energy storage technologies were reviewed, with particular emphasis on the benefits of hybrid systems that combine daily and seasonal storage solutions.

An energy balance analysis was conducted for three real residential buildings, followed by the development of models for integrating PV installations, energy storages, and consumers. A simulation model of an energy router was implemented in MATLAB/Simulink, allowing detailed investigation of system behavior under different control strategies. Special focus was placed on fuzzy logic algorithms, with membership functions and a comprehensive rule base covering all possible system states defined.

Simulation results revealed that properly tuned control rules and an appropriate defuzzification method (with the bisector method delivering the best performance) enabled the achievement of more than 90% self-consumption and energy independence on an annual scale. The findings confirm that combining hybrid energy storage technologies with fuzzy logic-based energy management systems (EMS) can significantly increase the share of renewable energy in the energy balance of residential buildings.

The proposed algorithm and system model form the foundation for further development of the Energy Management Platform (PZE), designed to integrate diverse renewable sources and storage technologies. Widespread implementation of such solutions could reduce dependence on conventional fossil-based power plants, enhance the cost-effectiveness of RES installations, and accelerate the global transition toward a renewable-based energy economy.