

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Janusza Buchoskiego
pt. „Wykorzystanie energii odnawialnej w wybranych układach hybrydowych małej
mocy”

1. Przedmiot i zakres recenzji

Przedmiotem recenzji, którą opracowałem dla Rady Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej, w oparciu o umowę nr 35/E/Dr/2019 z dnia 02.05.2019 r. stosownie do uchwały Rady Wydziału w przedmiotowej sprawie z dnia 17.04.2019 r., jest rozprawa doktorska pt. „Wykorzystanie energii odnawialnej w wybranych układach hybrydowych małej mocy”, wykonana na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Autorem rozprawy jest mgr inż. Janusz Buchoski. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Henryk Kaproń.

Rozprawa obejmuje łącznie 146 stron tekstu wraz z rysunkami i załącznikami, przy czym na początku zamieszczono spis treści oraz streszczenia w językach polskim i angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń, indeksów i skrótów, a na końcu wykaz literatury, spisy rysunków i tabel. Rozprawa jest więc kompletna i może być przedmiotem oceny merytorycznej i formalnej.

W rozdziale wstępnym (rozdz. 1) przedstawiono ogólnie tło zagadnienia oraz uzasadniono podjęcie prac w temacie rozprawy, a w następnych rozdziałach omówiono kolejno:

- cel rozprawy i jej tezy (rozdz. 2);
- zasady modelowania układów hybrydowych (rozdz. 3);
- omówienie najważniejszych założeń dotyczących lokalizacji analizowanych w dalszej części pracy (rozdz. 4);
- wyniki analizy potrzeb energetycznych dla badanych budynków (rozdz. 5);
- sformułowanie wariantów analizy i omówienie wyników symulacji i zestawienie wyników obliczeń dla analizowanego studium przypadku (rozdz. 6);
- zasady i wyniki analiz ekonomiczno-środowiskowych (rozdz. 7)
- wnioski końcowe (rozdz. 8);
- bibliografię (rozdz. 9).

Struktura pracy jest prawidłowa, a jej układ logiczny i przejrzysty. Strona formalna pracy jest zasadniczo właściwa. Praca napisana jest dobrym językiem naukowo-technicznym. Należy stwierdzić na tej podstawie, że Autor rozprawy wykazał się umiejętnością pisania prac o charakterze naukowym.

W niniejszej recenzji oceniłem najpierw zawartość naukową opiniowanej rozprawy, oryginalność wyników badań i możliwości praktycznego zastosowania przedstawionych rezultatów. Następnie oceniłem sposób prezentacji i formalną zgodność tekstu z rysunkami, streszczeniami i wykazem literatury. W części szczegółowej podałem szereg uwag odnośnie do różnych oznaczeń, niektórych sformułowań opisowych, zauważonych niezgodności oraz drobniejszych usterek redakcyjnych i korektorskich.

2. Ocena ogólna

Tematykę rozprawy oceniam ogólnie jako ważną i aktualną zarówno z punktu widzenia rozwoju nauki, jak i ze względu na możliwości praktycznego zastosowania jej wyników. Dynamiczne zmiany w sektorze energetyki, związane z jej urynkowieniem oraz zmianą struktury organizacyjnej i właścicielskiej spowodowały, że dotychczas stosowane metody optymalizacji i wyboru sposobu zaopatrzenia w energię wymagają istotnej modyfikacji. Tworzenie warunków dla zrównoważonego rozwoju sektorów energetycznych wymaga uwzględnienia jednocześnie kryteriów o różnym charakterze: ekonomicznym, społecznym, środowiskowym i formalno-prawnym.

Ważnym kierunkiem rozwoju elektroenergetyki jest zwiększone wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii w układach rozproszonych. Źródła tego typu charakteryzują się trudno przewidywalną i podlegającą dużej zmienności produkcją. Czasy wykorzystania mocy zainstalowanej układów są stosunkowo krótkie. Rodzi to liczne wyzwania związane zarówno z integracją tych źródeł z systemem elektroenergetycznym, jak i ich ewentualnym wykorzystaniem w pracy wyspowej. Utrzymywanie parametrów jakościowych energii elektrycznej w takich układach wymaga stosowania dodatkowych środków technicznych i ekonomicznych. Jednym z możliwych kierunków rozwiązywania tych problemów jest stosowanie układów hybrydowych, wykorzystujących wzajemne rezerwowanie możliwości produkcyjnych źródeł o różnych technologiach oraz możliwości lokalnego akumulowania okresowych nadwyżek energii.

Podjęte przez Autora rozprawy zagadnienie naukowe polega na opracowaniu efektywnej metody symulacji pracy układów hybrydowych o różnych konfiguracjach, pozwalającej na optymalne zwymiarowanie elementów składowych układu hybrydowego w wybranej lokalizacji. Opracowana w rozprawie metoda jest proponowana jako ogólna dla rozproszonych układów hybrydowych. Do jej testowania wybrano przypadki budynków jednorodzinnych, zasilanych przez układ hybrydowy. Analizowano zarówno układy zintegrowane z systemem elektroenergetycznym, jak i układy przewidziane do pracy wyspowej.

Rozprawa stanowi też wartościowe kompendium aktualnego stanu wiedzy z zakresu modelowania układów hybrydowych, wykorzystywanych do porównań różnych sposobów zaopatrzenia w energię oraz stosowanych w tym celu metod obliczeniowych.

Tematyka rozprawy jest więc aktualna na tle obecnego stanu wiedzy i potrzeb elektroenergetyki. Planowanie rozwoju systemów energetycznych i podejmowanie decyzji inwestycyjnych, wymaga stosowania metod, takich jak proponowana przez autora rozprawy.

Autorska metoda symulacji pracy układu hybrydowego, prezentowana w rozprawie jest istotną modyfikacją i rozszerzeniem metod stosowanych do tej pory, opisywanych w literaturze przedmiotu. Autor kładzie duży nacisk na możliwości aplikacyjne metody. Odnosi się do aktualnej praktyki gospodarczej i jest to niewątpliwą zaletą pracy.

Udział własny Autora w opracowaniu poszczególnych zagadnień opisanych w rozprawie obejmował następujące elementy:

- opis i analizę aspektów technicznych, ekonomicznych, środowiskowych wykorzystania hybrydowych układów zaopatrzenia w energię, ze szczególnym uwzględnieniem źródeł odnawialnych;
- propozycję własnej metody symulacyjnej, pozwalającej na bilansowanie energetyczne i optymalizację doboru układów hybrydowych, dla różnych sposobów pokrycia lokalnych potrzeb energetycznych.

Jeżeli chodzi o zaproponowaną metodę symulacyjną, jej nowatorskie (autorskie) elementy to:

- wykorzystanie modeli elementów składowych układu hybrydowego do bilansowania produkcji energii z zapotrzebowaniem, dla różnych konfiguracji układu i różnych kroków czasowych analizy;
- opracowanie metody badania ciągłości zasilania odbiorników, przy wykorzystaniu prognoz produkcji i zapotrzebowania;
- zaproponowanie algorytmów oceny wariantów zaopatrzenia w energię, w analizowanych aspektach.

3. Uwagi dyskusyjne

Oceniając pozytywnie powyższe osiągnięcia Autora z punktu widzenia walorów poznawczych i poszerzających wiedzę, a także umożliwiających działania aplikacyjne, zgłaszam do dyskusji następujące uwagi ogólne, odnoszące się do przedstawionej w rozprawie problematyki oraz niektórych przyjętych założeń:

- 1) W tezie pracy Autor stwierdza, że „Zastosowanie układów hybrydowych [...] pozwoli na optymalne wykorzystanie odnawialnych zasobów energetycznych...”. Takie sformułowanie sugeruje, że zastosowania będzie metoda optymalizacji w celu znalezienia rozwiązania optymalnego. Wcześniej opisując cele rozprawy Autor pisze o zastosowanej funkcji celu, jaką jest „akceptowalny ekonomicznie koszt budowy i eksploatacji systemu”. Formalny zapis funkcji celu przedstawiono na stronie 55 (wzór 3.32). We wzorze nie występują koszty tylko wielkości energii, będące wynikami chwilowego bilansu energetycznego. Wynika z niego, że nie zastosowano bezpośrednio kryterium kosztowego, tylko optymalizacji podlega zbilansowanie energetyczne układu. Proszę o wyjaśnienie co podlega optymalizacji w zaproponowanej metodzie.
- 2) Na stronach 40-42 zostały opisane najważniejsze cechy programowania matematycznego i sklasyfikowano najważniejsze metody optymalizacji. Brakuje stwierdzenia, którą z metod Autor zaimplementował w swojej metodzie.

- 3) Najkrótszym czasem bilansowania energii w proponowanej metodzie analizy pracy układów hybrydowych jest godzina. Opisując cechy źródeł energii i układów magazynowania, Autor skupił się na tych, mających znaczenie w godzinowych i dłuższych analizach zmienności mocy. Produkcja źródeł niespokojnych może podlegać znacznej zmienności w krótkich okresach czasu (minutowych i sekundowych). Czy i w jaki sposób można uzupełnić analizy o badanie dynamicznych stanów współpracy źródeł niespokojnych z magazynami energii? Czy parametry dynamiczne magazynów energii, takie jak np. maksymalne szybkości przy ładowaniu i rozładowywaniu, mają znaczenie przy doborze i wymiarowaniu układów hybrydowych?
- 4) W analizach przypadków nie zaproponowano układów hybrydowych, wykorzystujących jako jeden z elementów składowych silnik spalinowy do produkcji energii elektrycznej lub pracujący w układzie skojarzonym produkcji energii elektrycznej i ciepła. Z opisu stosowanych obecnie układów hybrydowych, zamieszczonego we wcześniejszej części pracy wynika, że tego układy są stosowane i mają istotną zaletę polegającą na dużej elastyczności pracy silnika i łatwość dopasowania produkcji do zapotrzebowania. Dlaczego nie przedstawiono takich wariantów w obliczeniach? Czy Autor przewiduje możliwość rozwoju układów w takich konfiguracjach?
- 5) Wskaźniki opłacalności ekonomicznej dla wszystkich 18 analizowanych wariantów są niekorzystne (NPV w każdym wariantcie jest istotnie ujemne). Jak w tym kontekście Autor widzi perspektywy rozwojowe układów hybrydowych? Jakie warunki muszą zostać spełnione dla umożliwienia komercyjnej aplikacji tego typu rozwiązań? Czy postęp technologiczny może być postrzegany jako kluczowy dla ich wdrożenia? Jakie elementy składowe układu hybrydowego mogą być postrzegane jako kluczowe w kontekście poprawy wskaźników ekonomicznych?

4. Uwagi szczegółowe

Uwagi szczegółowe sformułowałem odnosząc się do odpowiednich miejsc w pracy.

- | | |
|-------------------------|---|
| s. 14 tab. 1.1 | Tabela jest słabo czytelna, ze względu na jej nadmierne pomniejszenie. Praca jest zredagowana w języku polskim. W takim przypadku opisy i legendy na rysunkach także powinny być po polsku. Przywoływana tabela została opisana po angielsku. |
| s. 31 w. 13. g. i dalej | Autor stwierdza, że: „Nakłady inwestycyjne są większe, jednak jest to inwestycja warta swojej ceny ze względu na ciągłość dostaw”. Wyniki analiz, przedstawione przez Autora w dalszej części pracy, nie potwierdzają tego wniosku. Na jakiej podstawie został sformułowany? |
| s. 32 w. 3-7 g. | Sformułowanie zdania jest niefortunne. Autor porównuje roczną ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi ze udokumentowanymi zasobami energii nieodnawialnej i odnawialnej. Biorąc pod uwagę, że energia słoneczna jest jedną z form energii odnawialnej należałoby porównanie sformułować inaczej. |