

Warszawa, 29.08.2020

dr hab. inż. Jerzy Marzecki, prof. uczelni
Politechnika Warszawska
Wydział Elektryczny
Instytut Elektroenergetyki
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
Tel.: +48 22 234 5626, 609612364
e-mail: jerzy.marzecki@ien.pw.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Karbowej zatytułowanej „Wpływ warunków pracy układów kogeneracyjnych na możliwość restrukturyzacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej”

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania tej recenzji jest pismo Pana Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej prof. dr. hab. inż. Waldemara Rebizanta z dnia 14 lipca 2020 r. powołujące się na uchwałę Komisji ds. Stopni Naukowych Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika z dnia 13 lipca 2020.

Przekazana mi rozprawa doktorska liczy łącznie 147 stron tekstu zasadniczego wraz ze spisem treści, rysunków i tabel oraz bibliografią zagadnienia (34 pozycji literatury) a także wykazem najważniejszych skrótów i oznaczeń.

2. Zagadnienie naukowe i jego sformułowanie

Podjęte przez Autorkę zagadnienie naukowe polegające na opracowaniu metod doboru układów kogeneracyjnych uwzględniających techniczno-ekonomiczne uwarunkowania zmienności obciążeń elektroenergetycznych i cieplnych w różnych grupach odbiorców, mieści się w szerokim obszarze zagadnień w zakresie dyscypliny elektrotechnika, dziedziny nauk technicznych.

Studia literaturowe oraz zdobyte doświadczenie praktyczne Doktorantki dotyczące budowy i stosowania systemów skojarzonego wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej wskazują na zasadność zastosowania metod optymalizacji wielokryterialnej w celu doboru mocy znamionowej gazowego agregatu produkującego energię elektryczną i ciepło użytkowe w skojarzeniu. Spostrzeżenia te były podstawą do podjęcia ciekawego i praktycznego problemu badawczego.

Doktorantka w pracy zmierza do zbadania możliwości zastosowania metod optymalizacji wielokryterialnej do rozwiązania problemu doboru gazowej jednostki skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła uwzględniając kryteria maksymalnego zysku, minimalnej emisji szkodliwych substancji do środowiska i krótkiego czasu zwrotu inwestycji. Autorka definiuje powyższe modele, w sensie określenia wartości ich parametrów w oparciu o dane uzyskane z systemu elektroenergetycznego rzeczywistego i rozporządzenia Ministra Energii z dnia 2.09.2019.

Przedstawiono w rozprawie narzędzie (konceptcja doboru gazowego układu kogeneracyjnego CHP) przydatne do wytwarzania energii elektrycznej i termicznej dla wybranych modeli z wykorzystaniem i opracowaniem specjalistycznego autorskiego programu KOGENERACJA 1.0 stanowi duże osiągnięcie Doktorantki.

Przewidywanie zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepłą odgrywa kluczową rolę w procesach decyzyjnych związanych z systemem energetycznym. Duża nieokreśloność procesów realizowanych w warunkach liberalizacji i transformacji gospodarki w kraju wymaga powstania narzędzi potrzebnych do planowania infrastruktury energetycznej.

Tematyka rozprawy jest więc aktualna na tle obecnego stanu wiedzy i potrzeb elektroenergetyki i elektrotechniki.

3. Cel i teza rozprawy

Zarówno cel pracy (jasno określony i poprawnie sformułowany), jak i teza rozprawy (strona 14) zostały przez Doktorantkę sformułowane poprawnie. W sposób jednoznaczny wynika z nich zakres działań niezbędnych do wykonania w pracy.

Celem pracy było zbadanie zastosowania metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji w aspekcie doboru jednostki skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła oraz stworzenie aplikacji komputerowej wspomagającej dobór gazowego agregatu kogeneracyjnego.

Teza pracy ma cechy oryginalności, a jej prawdziwości Autorka rozprawy dowodzi rozwiązując szereg zagadnień szczegółowych o charakterze zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym.

W rozprawie zrealizowano następujące zadania:

- przeprowadzono ocenę zasadności stosowania instalacji kogeneracyjnych,
- dokonano oceny wybranych metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji,
- opracowano algorytm doboru jednostki CHP,
- zaimplementowano algorytm doboru silnika gazowego w programie Matlab służącym do obliczeń naukowych i inżynierskich,
- przeprowadzono analizę wyników uzyskanych za pomocą napisanego programu wykorzystującego metody optymalizacji wielokryterialnej,
- stworzono autorską aplikację okienkową KOGENERACJA 1.0 umożliwiającą dobór znamionowej mocy cieplnej jednostki CHP (gazowego silnika tłokowego) dla nowoprojektowanej lub modernizowanej instalacji technologicznej obiektu. Wśród rozwiązań programu obok znamionowej mocy cieplnej jednostki, decydent dowiaduje się o możliwym do uzyskania zysku, czasie zwrotu inwestycji oraz o realnym ograniczeniu emisji szkodliwych substancji do środowiska w czasie eksploatacji t_1 (domyślnie 15 lat).

4. Waga podjętego zagadnienia naukowego

Podjęte w pracy przez Autorkę problemy zyskują na ważności w obecnych uwarunkowaniach technicznych i ekonomiczno – społecznych kraju związanych z restrukturyzacją gospodarki w tym przede wszystkim przemysłu i transportu.

Polityka energetyczna Unii Europejskiej jak i również Polski narzucają silne regulacje na poziomie legislacji i wywierają dużą presję odnośnie regulacji w zakresie efektywności energetycznej.

W związku z tym eksploatacja i racjonalne planowanie rozwoju systemów wytwarzania i zaopatrzenia w energię elektryczną wymagać będą nowych wiarygodnych metod i poszukiwania danych opisujących zachodzące procesy.

Odzwierciedleniem kierunków rozwoju gospodarki są zmiany struktury finalnego zużycia energii w głównych sektorach gospodarki w tym przede wszystkim w przemyśle.

5. Przegląd aktualnego stanu wiedzy

Dowiedzenie tezy rozprawy wymagało od Doktorantki doboru źródeł literatury, oddającej trafnie stan wiedzy w specyficznych dziedzinach, jakimi są elektroenergetyka (układy kogeneracyjne, prognozowanie obciążeń, grupy taryfowe energii elektrycznej) i teoria optymalizacji oraz wspomagania decyzji (tworzenie i analiza modeli).

Spis literatury zamieszczony w rozprawie składa się ze 30 pozycji wydanych w kraju i 4 pozycji zagranicznych. W tym zbiorze występuje 6 pozycji literatury ze środowiska naukowego Doktorantki, wśród których 4 jest jej współautorstwa.

Wszystkie pozycje literatury są ściśle związane z tematyką badawczą poruszaną w recenzowanej pracy i dobrze tę tematykę reprezentują. Świadczy to o dosyć dobrym rozpoznaniu przez Autorkę aktualnego stanu w zakresie rozważanych w pracy zagadnień.

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepło użytkowe, wymogi ochrony środowiska, zwiększenie efektywności energetycznej, udział odnawialnych źródeł energii, konieczność modernizacji jednostek wytwórczych i ostatecznie wzrost cen energii, wymuszają poszukiwanie alternatywnych źródeł wytwarzania energii, które mogłyby stanowić filar Krajowego Systemu Energetycznego (KSE). Jednym ze sposobów sprostania założeń polityki energetycznej Unii Europejskiej są jednostki skojarzonego wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej.

Dobór jednostki skojarzonego wytwarzania jest zadaniem złożonym i dla każdej inwestycji jest wypadkową wielu zmiennych, gdyż wymaga uwzględnienia zmiany sprawności całkowitej układu w funkcji chwilowej mocy jednostki, czasu pracy układu w okresie eksploatacji, czasu zwrotu kosztów za inwestycję oraz wielkości emisji szkodliwych substancji do środowiska.

6. Oryginalność rozwiązania zadania naukowego

Praca bazuje na zagranicznym i krajowym dorobku naukowym dotyczącym zagadnień układów kogeneracyjnych jako źródeł wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej oraz metod wielokryterialnego wspomagania decyzji stosowanych w gospodarce i technice, a pewne szczególnie wątki Autorka rozwija konsekwentnie z wykorzystaniem własnych koncepcji i rozwiązań.

Rozwiązania przedstawione w recenzowanej pracy przez Doktorantkę stanowią dogłębną analizę warunków pracy układów kogeneracyjnych i ich wpływu na możliwość restrukturyzacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej, weryfikowanych z wykorzystaniem metod addytywnych i analitycznej hierarchizacji dla dużego spektrum zmiennych związanych z doбором jednostki kogeneracyjnej

Do oryginalnych osiągnięć Autorki przedstawionej rozprawy doktorskiej należy:

- dokonanie analizy wybranych metod optymalizacji wielokryterialnej i wybór metod analitycznej hierarchizacji jako najbardziej przydatnych do doboru jednostki skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła użytkowego,
- opracowanie uniwersalnego algorytmu doboru jednostki kogeneracyjnej uwzględniającego zużycie instalacji w kolejnych latach eksploatacji,
- zbudowanie modelu matematycznego opisującego zachowanie układu kogeneracyjnego w analizowanych przedziałach pracy obiektu,
- napisanie w dwóch różnych środowiskach programistycznych narzędzia doboru jednostki CHP wykorzystującego metody wielokryterialnego wspomagania decyzji, które prezentuje wśród wyników: optymalną moc znamionową jednostki, wysokość emisji szkodliwych substancji do środowiska, prosty czas zwrotu, możliwe

- ograniczenie emisji szkodliwych substancji do środowiska w porównaniu do energetyki konwencjonalnej w okresie eksploatacji równym N ,
- wprowadzenie i uwzględnienie parametrów pomocniczych λ_{CHP} i β_{CHP} określających relację zysku w okresie eksploatacji do znamionowej mocy cieplnej jednostki CHP oraz relację ograniczenia emisji szkodliwych substancji do środowiska w odniesieniu do Q_{nom} pozwalających na porównanie otrzymanych wyników będących rezultatem zastosowania autorskiej aplikacji KOGENERACJA 1.0,
 - uzyskane przez Doktorantkę rezultaty badań wskazują na przewagę metod analitycznej hierarchizacji nad metodami addytywnymi, co dodatkowo potwierdza zasadność stosowania metod wielokryterialnej optymalizacji decyzji w aspekcie doboru jednostki CHP. Metody analitycznej hierarchizacji dają możliwość oceny werbalnej poszczególnych kryteriów doboru, co pozwala zredukować wpływ niejednoznacznej oceny liczbowej poszczególnych wartości wag i sprowadzić do minimum trudności w deklaracji tych wag przez decydenta, czy sprowadzenia ich do ułamków dziesiętnych skończonych, co jest charakterystyczne w przypadku stosowania metod addytywnych.

Stwierdzam, że przeprowadzone badania i uzyskane wyniki analityczne w oparciu o wybrane metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji i aktualne problemy sektora energetycznego w pełni potwierdzają sformułowaną w rozprawie doktorskiej tezę, że *istnieje możliwość i celowość optymalizacji doboru jednostki skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła CHP z wykorzystaniem metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji i stworzenie komputerowej aplikacji wyboru źródła kogeneracyjnego.*

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Recenzowana rozprawa jest pracą o dobrym poziomie merytorycznym. Autorka niewątpliwie wykazała, że posiada umiejętność:

- formułowania i rozwiązywania problemu naukowego,
- przyjmowania uzasadnionych założeń,
- wykorzystywania i rozwijania właściwych podejść metodycznych,
- rozwiązywania postawionych zadań,
- przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów.

Śledząc drogę rozwoju Doktorantki można wnioskować o Jej samodzielności i inicjatywie w podejmowaniu wielu trudnych zadań. Na szczególną uwagę zasługuje wysoki poziom prowadzonych rozważań, co dobrze rokuje Jej karierze naukowej i zawodowej.

8. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

1. W pracy wydaje mi się, że jest za mało informacji na temat generacji i zasobów rozproszonych w systemie elektroenergetycznym. Wprowadzenie źródeł rozproszonych do krajowej elektroenergetyki zmieni w przyszłości relacje między producentami a odbiorcami energii elektrycznej na rzecz nowego podmiotu jakim jest prosument. Jak według Autorki pracy problem ten wpłynie na zmienność obciążenia w sieci elektroenergetycznej.
2. W rozprawie poddano analizie układy kogeneracyjne zbudowane w oparciu o silnik tłokowy, dlaczego pominięto układy z turbinami gazowymi.
3. Rozprawa doktorska dotyczy tylko jednego przykładu doboru jednostki dla zakładu energetyki cieplnej, interesujące byłoby w przyszłości wykonanie innych przykładów.

4. W rozprawie doktorskiej brakuje uzasadnienia dlaczego Doktorantka zdecydowała się na zastosowanie metod addytywnych i metod analitycznej hierarchizacji. Jednocześnie brakuje porównania zastosowanych metod do popularnego algorytmu genetycznego.
5. Stworzony ciekawy, autorski program "Kogeneracja 1.0" powinien dodatkowo według mnie uwzględniać jeszcze: prognozowane zmiany cen energii, możliwe dofinansowanie inwestycji, wariant kredytu inwestycyjnego. Proponuję aby Doktorantka w dalszych pracach podjęła te zagadnienia.

9. Strona redakcyjna rozprawy

Rozprawa jest zredagowana i napisana poprawnym językiem z dużą starannością edytorską. Treść rozprawy odpowiada tematowi określone w tytule. Układ rozdziałów jest poprawny i logiczny a następstwo rozdziałów właściwe. Drobne, mniej istotne, szczegółowe uwagi o charakterze w zasadzie redakcyjnym, przekazałem Autorce, lecz ich zakres i waga nie umniejszają wartości pracy i nie wymagają autorskich ingerencji w tekst.

10. Podsumowanie

Oceniana rozprawa doktorska, umiejscowiona w dyscyplinie naukowej „Elektrotechnika”, stanowi znaczący wkład w dziedzinę wiedzy związanej z elektroenergetyką, układami kogeneracyjnymi wytwarzania energii elektrycznej.

W recenzowanej pracy trudno wskazać fragmenty lepsze lub słabsze. Poziom pracy jest równy (analizując kolejne rozdziały) i wysoki. Doktorantka wykazała się dobrą znajomością problematyki, umiejętnością twórczego rozwiązywania problemów, przekonującą prezentacją uzyskanych rezultatów oraz precyzją przedstawiania zagadnień.

Recenzowana rozprawa doktorska dowodzi, że Doktorantka posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jest to praca o dobrym poziomie teoretycznym, odpowiada też realiom krajowej elektroenergetyki oraz wymaganiom i oczekiwaniom potencjalnych użytkowników.

Sformułowany cel pracy oraz dowiedzenie przedstawionej tezy zostały zrealizowane z powodzeniem.

11. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa stanowi duży i samodzielny wkład Doktorantki w rozwój zastosowań i doboru układów kogeneracyjnych w elektroenergetyce. Przedstawione w rozprawie oryginalne rozwiązanie problemu naukowego powinno być wykorzystywane w dalszych pracach naukowo-badawczych zmierzających do ich implementacji w restrukturyzacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej i ma istotne znaczenie dla rozwoju sektora energii elektrycznej w kraju.

Rozprawa stanowi dowód głębokiego opanowania wiedzy z wielu dziedzin oraz świadczy o wysokim poziomie naukowym Doktorantki.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Karbowej pt.: „Wpływ warunków pracy układów kogeneracyjnych na możliwość restrukturyzacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej” spełnia wymagania wynikające z Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. z dnia 21.06.2016 r., poz. 882.) i stawiam wniosek o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

