

Prof. dr hab. inż. Robert Sekret
Politechnika Częstochowska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
42 – 201 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69
E-mail: robert.sekret@pcz.pl

Częstochowa, dn. 29.04.2024 r.

Szanowny Pan

Prof. dr hab. inż. Andrzej Rusin

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny
Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka
Politechniki Śląskiej
ul. Konarskiego 18, pok. 442
44-100 Gliwice

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Aleksandry Walewskiej

pt. „Badanie układu produkcji metanolu i jego energetycznego wykorzystania”

1. Wprowadzenie

Recenzja została napisana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 11 marca 2024 roku nr RIE-BD.512.8.2024. Dokumentację odebrałem w dniu 18 marca 2024 roku.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Walewskiej pt. „Badanie układu produkcji metanolu i jego energetycznego wykorzystania” zawiera łącznie 179 stron. Rozprawa została podzielona na 9 głównych rozdziałów

i uzupełniona: zestawieniem oznaczeń i symboli, bibliografią, spisem rysunków, spisem tabel, streszczeniem w języku polskim i angielskim. We wprowadzeniu do rozprawy doktorskiej (rozdział 1 pracy) Doktorantka wskazała istotność podjętego problemu naukowego, tj. produkcji syntetycznego, przyjaznego dla środowiska metanolu z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii elektrycznej, oraz przedstawiła cel i zakres pracy. W rozdziale 2 Doktorantka odniosła się do emisji zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery Ziemi, wskazując obecny stan prawny z zakresu ograniczania emitowanych zanieczyszczeń. Rozdział 3 rozprawy to przegląd obecnego stanu wiedzy w zakresie: produkcji, charakterystyki i zagrożenia stosowania składników procesu produkcji metanolu. Doktorantka szczególną uwagę zwróciła na: wodór jako substrat do produkcji paliw alternatywnych, sposoby i technologie produkcji wodoru, techniki magazynowania wodoru, zagrożenia w procesach produkcji i magazynowania wodoru oraz właściwości ditlenku węgla jako substratu do produkcji metanolu, w tym zagadnienia jego wychwytu z konwencjonalnych procesów spalania paliw kopalnych. W rozdziale 4 Doktorantka przedstawiła stan wiedzy dotyczący produkcji energii elektrycznej z OZE dla procesów wytwarzania wodoru. Szczególnie zwróciła uwagę na instalacje siłowni wiatrowych i instalacje fotowoltaiczne pod kątem obliczania ich mocy i jej wpływu na pracę generatora wodoru. Rozdział 5 to badania doświadczalne systemów magazynowania wodoru w technologii wodorków metali. Rozdział 6 rozprawy dotyczy produkcji metanolu w instalacji procesowej. W tej części pracy Doktorantka zawarła przegląd technologii produkcji wodoru, opis instalacji produkcji odnawialnego metanolu, wykorzystanie odnawialnego metanolu w energetyce i przemyśle chemicznym, wskazała możliwe zagrożenia w procesie produkcji i magazynowania metanolu, przedstawiła dobór katalizatora dla procesu produkcji metanolu, zaprezentowała schemat technologiczny instalacji produkcji odnawialnego metanolu w procesie uwodornienia, metodykę obliczeń, założenia projektowe dla instalacji procesowej, badania wpływu zmian temperatury i ciśnienia w reaktorze na charakterystyki sprawności i uzysku z instalacji (wyniki symulacji w Aspen Plus), opis zastosowania systemu ORC i silnika Stirlinga w celu zwiększenia sprawności, problematykę połączenia układu produkcji metanolu z instalacją OZE i instalacją jego energetycznego wykorzystania oraz wnioski z badań własnych. W rozdziale 7 Doktorantka przedstawiła zagadnienie dotyczące produkcji metanolu w obiegu turbiny gazowej, w tym: założenia projektowe, metodykę obliczeń względnego uzysku

i sprawności konwersji chemicznej dla analizowanej instalacji oraz wyniki obliczeń termodynamicznych. Rozdział 8 rozprawy to obliczenia kosztów procesu produkcji metanolu. Rozdział ten zawiera: metodykę analizy ekonomicznej, założenia do obliczeń ekonomicznych, wyniki analizy ekonomicznej, obliczenia ryzyka inwestycji. Ostatni rozdział rozprawy, rozdział 9, to podsumowanie i wnioski.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską nie wnoszę uwag krytycznych do jej układu. Biorąc pod uwagę szeroki zakres pracy oraz konieczność analizy systemu złożonego z 4 poważnych bloków procesowych, tj. instalacji produkcji energii elektrycznej z OZE, generatora wodoru, instalacji produkcji metanolu, instalacji energetycznego wykorzystania metanolu uważam, że struktura pracy jest czytelna i logicznie ułożona. Praca została bardzo starannie przygotowana pod kątem edycyjnym. Część graficzna i tabelaryczna zostały poprawnie opisane w tekście rozprawy. Pracę doktorską czyta się z dużym zainteresowaniem. Stwierdzam, że Doktorantka nabyła umiejętność poprawnej organizacji i edycji rozprawy doktorskiej.

Doktorantka w tekście rozprawy wykorzystwała 172 pozycje bibliograficzne, z czego ponad 90% to publikacje z ostatnich 5 lat. Wybór źródeł literaturowych jest trafny i zgodny z podjętym do rozwiązania problemem naukowym. W przedstawionym przeglądzie literatury Doktorantka poprawnie scharakteryzowała obecny stan wiedzy w zakresie istotności podjętego do rozwiązania problemu naukowego, zarówno z punktu widzenia poznawczego i aplikacyjnego oraz rozważane obecnie kierunki jego rozwiązywania. Uważam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością wykonania krytycznego przeglądu istniejącego stanu wiedzy.

Przyjętym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było zbadanie złożonego procesu produkcji odnawialnego metanolu pod kątem maksymalizacji sprawności, tj. efektywnego połączenia wytwarzania elektrolitycznego wodoru z OZE z jego transformacją i magazynowaniem w ramach technologii Power-to-Fuel. Uważam, że niezależnie od wymagań dla krajów członkowskich UE zawartych w pakiecie pod wspólną nazwą Fit for 55, systemy energetyczne w Polsce wymagają rozpoczęcia kolejnego etapu transformacji technologicznej. Istotnym elementem tych prac jest uzyskanie efektu synergii na bazie integracji nowych źródeł energii elektrycznej, w tym

instalacji siłowni wiatrowych i instalacji fotowoltaicznych, z istniejącymi instalacjami wytórczymi wykorzystującymi nadal paliwa płynne w procesach wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Taki kierunek prac, z uwzględnieniem procesów magazynowania wodoru, pozwoli na wzrost efektywności energetycznej wykorzystania OZE oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych z istniejących już instalacji energetycznych. Istotnym działaniem dla osiągnięcia tego celu jest pozyskanie wiedzy o możliwej do uzyskania sprawności procesu produkcji odnawialnego metanolu wraz z jego energetycznym wykorzystaniem przy zmiennych warunkach pracy reaktora, możliwości jej wzrostu czy stopnia redukcji ditlenku węgla poprzez produkcję metanolu, czy identyfikacje elementów mających istotny wpływ na koszt produkcji odnawialnego metanolu. Są to również kluczowe pytania badawcze postawione przez Doktorantkę w rozprawie. Dlatego też uważam, że wybór przez Doktorantkę problemu naukowego w postaci badań układów produkcji metanolu i jego energetycznego wykorzystania świadczy o trafności tematyki naukowo-badawczej zarówno z punktu widzenia celu naukowego, jak i celu użytecznego. Przedstawiony cel i zakres pracy informują o kierunku pracy. Uważam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością poprawnego formułowania celu i tezy rozprawy doktorskiej.

Doktorantka w sposób czytelny przedstawiła ideę rozwiązania zdefiniowanego problemu naukowego. Przyjęta koncepcja połączenia instalacji produkcji energii elektrycznej z OZE z generatorem wodoru, następnie kolejno z instalacją wytwarzania metanolu i kolejno z urządzeniami wykorzystującymi metanol w procesach energetycznej konwersji jest trafna i interesująca zarówno z naukowego i aplikacyjnego punktu widzenia. Przyjęte struktury poszczególnych bloków nie budzą zastrzeżeń. Dane wejściowe i założenia do obliczeń zostały przedstawione przez Doktorantkę z wystarczającym stopniem szczegółowości biorąc pod uwagę cel i zakres pracy. Należy podkreślić, że oparcie analiz o wyniki pomiarów z obiektów energetycznych pracujących w skali technicznej oraz wyników eksperymentów jest rozwiązaniem pozwalającym na urealnienie uzyskanych wyników czy oceny realnych możliwości aplikacyjnych wyników badań. Nie wnoszę uwag do przyjętej metodyki badań. Jest ona wystarczająca do weryfikacji postawionej tezy pracy. Pozytywnie oceniam umiejętności Doktorantki w zakresie poprawnego wyboru metodyki i realizacji badań dla przyjętego celu naukowego.

Nie wnoszę uwag do uzyskanych przez Doktorantkę wyników badań. Dla opracowanej koncepcji układu oraz przyjętych założeń wyniki nie budzą zastrzeżeń. Należy podkreślić dużą sumienność w realizacji badań oraz należyty stopień ich szczegółowości. Przedstawione przez Doktorantkę podsumowanie i wnioski są odpowiedzią na postawiony cel pracy i przyjęty jej zakres. Ponadto udowadniają postawioną tezę pracy. Oceniając tą część pracy doktorskiej uważam, że Doktorantka wykazała się umiejętnością prezentacji uzyskanych wyników badań, ich analizy oraz formułowania wniosków.

Po zapoznaniu się rozprawą doktorską uważam, że uzyskane wyniki badań stanowią istotny nowy stan wiedzy w rozwoju magazynowania energii ze źródeł odnawialnych, w tym produkcji zielonego wodoru z wysoką opłacalnością ekologiczną. Pomimo niskiej efektywności ekonomicznej zaproponowanego rozwiązania, na tym etapie badań, uzyskane wyniki są wystarczające do kontynuacji dalszych prac badawczo-rozwojowych zmierzających do praktycznego ich wykorzystania.

Uwagi dyskusyjne

1. Które elementy zaproponowanej instalacji wytwarzania metanolu i jego energetycznego wykorzystania mogą stanowić istotną barierę w zwiększaniu jej skali technicznej?
2. Proszę o udzielenie krótkiej informacji odnośnie niepewności wyników pomiarów przedstawionych na rysunkach 5.3, 5.4, 5.8 i 5.9.

3. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Walewskiej pt. „Badanie układu produkcji metanolu i jego energetycznego wykorzystania” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego z obszaru rozwoju technologii Power-to-Fuel i maksymalizujących energetyczne wykorzystanie instalacji siłowni wiatrowych i instalacji fotowoltaicznych, w tym wytwarzania i magazynowania zielonego wodoru i metanolu. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wnosi nowy stan wiedzy do dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Jako element nowości należy uznać koncepcję, badania doświadczalne oraz analizę energetyczno-środowiskową i ekonomiczną zastosowania

odnawialnego metanolu w procesach magazynowania i ponownego wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. Uważam, że rozprawa doktorska potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną mgr inż. Aleksandry Walewskiej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jej poziom merytoryczny spełnia wymagania obecnych przepisów w tym zakresie.

Wobec powyższego wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Podpisał Robert Sekret