

Prof. dr hab. inż. Jan Sikora
Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji
Wydział Transportu i Informatyki,
Projektowa 4,
20-209 Lublin,
e-mail: sik59@wp.pl

Warszawa, 26.05.2019



Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Koniaka pt.:
**„Metoda wspomagania projektowania litowo-jonowego akumulatora
trakcyjnego uwzględniająca cykle pracy wybranych środków transportu”**

Recenzja niniejsza została opracowana na podstawie uchwały Rady Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej z dnia 18.04.2019 r.

1. TEMAT, ZAKRES I CEL ROZPRAWY

Recenzowana praca doktorska dotyczy opracowania autorskiej metody wspomagania projektowania litowo-jonowego akumulatora trakcyjnego. Jako że metoda dotyczy transportu musi uwzględniać cykle pracy wybranego środka transportu. Należy podkreślić różnorodność rozważanych środków transportu począwszy od jachtu z napędem elektrycznym poprzez elektrycznego gokarta aż do elektrycznego autobusu. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że Doktorant nie ogranicza się jedynie do rozważań teoretycznych, ale weryfikuje w laboratorium czy w przypadku autobusu, działanie zaproponowanej metody w praktyce.

Tematyka podjęta przez Doktoranta jest trudna, wymagająca rozległej wiedzy teoretycznej z wielu dyscyplin naukowych oraz zdolności i umiejętności planowania i przeprowadzenia eksperymentu naukowego w Laboratorium.

Rozprawa liczy 142 strony tekstu zasadniczego podzielonego na 9 rozdziałów z bogatą bibliografią zawierającą 118 aktualnych pozycji w tym aż 12 pozycji autorskich bądź współautorskich opublikowanych w renomowanych czasopismach krajowych i zagranicznych.

Doktorant podjął bardzo aktualną tematykę, stale obecną w mediach, motywowany międzynarodowym projektem dotyczącym hybrydowego zasilania jachtu, którego zresztą był kierownikiem. Jako że projekt został zakończony sukcesem, Doktorant udowodnił że doskonale sobie radzi nie tylko w laboratorium pomiarowym ale także

w rozwiązywaniu zagadnień teoretycznych dotyczących problemu, a także doskonale sobie radzi ze współpracą międzynarodową.

Doktorant uzasadnił podjęcie tematu pracy tym, że jak wynika z analizy literatury brakuje modelu zasobnika litowo-jonowego, pozwalającego na modelowanie pracy akumulatora na podstawie zadanych charakterystyk pracy oraz parametrów eksploatacyjnych ogniw, z których jest złożony pakiet akumulatora. Dostępne obecnie modele w ograniczony sposób odwzorowują rzeczywiste warunki eksploatacji (zależności temperaturowe, starzenie, dostępną pojemność w zależności od prądu rozładowania i ładowania). Ponadto modele te nie odnoszą się do dostępnych typów ogniw litowo-jonowych, wykorzystywanych przez producentów zasobników.

Proponowana w dysertacji uniwersalna metoda wyznaczania parametrów pracy zasobnika energii elektrycznej do napędu środków transportu pozwala sprawdzić rodzinę akumulatorów litowo-jonowych w zakresie ich przydatności dla wybranej aplikacji i realizacji zdefiniowanych zadań transportowych. Pozwala także na ustalenie wpływu warunków pracy środka transportu (np.: rozkładu jazdy, obciążenia, temperatury itp.) na parametry zasobnika energii, jego dostępną pojemność i aspekty starzeniowe.

W pierwszym rozdziale doktorant dokonał wnikliwego przeglądu literatury w kontekście analizy stosowanych metod, doboru parametrów akumulatorów oraz ich modelowania.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury w rozdziale drugim sformułowano cel główny pracy oraz tezy.

W rozdziale trzecim zaproponowano metodę modelowania pracy ogniwa litowo-jonowego będącego elementem akumulatora trakcyjnego przy zadanych warunkach pracy. Opisano ogólne założenia oraz przedstawiono model matematyczny.

Kolejny rozdział dysertacji poświęcony został zagadnieniu określania i pozyskania cykli pracy oraz związanych z nimi danych, określających zapotrzebowanie na energię elektryczną danego środka transportu. Przedstawiono poszczególne kategorie cykli pracy, tj.: dane ustandaryzowane, rzeczywiste, symulacyjne i teoretyczne. Opisano wkład autora w opracowanie narzędzi informatycznych i układów pomiarowych do pozyskiwania takich danych. Wykazano zależność wpływu cyklu pracy, związanego z rozkładem jazdy środka transportu, na jego zapotrzebowanie na energię elektryczną.

Rozdział piąty poświęcony został zagadnieniom praktycznej realizacji proponowanej metody modelowania. Opisano tu założony program badań, uzasadniono wybór ogniwa do testów, przedstawiono autorskie stanowisko laboratoryjne przeznaczone do pomiarów ogniw litowo-jonowych oraz uzyskane wyniki.

W rozdziale szóstym skupiono uwagę na takich zagadnieniach, jak: wykonanie bazy danych wyników pomiarów, implementacja algorytmu w postaci aplikacji komputerowej oraz zaprezentowano przykładowe wyniki działania algorytmu.

W rozdziale siódmym opisano proces weryfikacji autorskiego modelu, odnosząc uzyskane wyniki do powszechnie stosowanego modelu zasobnika energii.

W rozdziale ósmym autor ocenił stopień realizacji założonego celu pracy oraz dowodów przyjętych tez.

Na zakończenie przedstawiono ogólne podsumowanie dysertacji oraz wskazano na dalsze kierunki prac badawczych, możliwych do kontynuowania w ramach podjętego zagadnienia.

Zarówno cel główny pracy jak i dwie tezy, są sformułowane jasno i nie budzą moich zastrzeżeń. Cel jaki postawił przed sobą Doktorant był bardzo ambitny, został osiągnięty a teza pracy została udowodniona co zostało podkreślone rozdziale 8 pracy.

Biorąc powyższe pod uwagę mogę stwierdzić, że **tematyka pracy jest aktualna, a wybór tematu uważam za trafny**. Ogólna wiedza Autora rozprawy stoi na bardzo wysokim poziomie.

2. OGÓLNA OCENA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Koniaka jest napisana na wysokim poziomie merytorycznym. Tematyka podjęta w pracy wymagała od Autora dobrej znajomości między innymi: informatyki, matematyki, oraz zagadnień z dziedziny fizyki.

Autor uświadamia czytelnikowi jak istotnym i trudnym zagadnieniem jest projekt zasobnika energii dla wybranego ogniwa i wybranego środka transportu. Główny wysiłek Autora skupiony został na pozyskaniu danych pomiarowych wybranego ogniwa. Bez eksperckiej znajomości informatyki doktorant nie byłby w stanie w założonym zakresie zrealizować postawionego przed sobą celu. Wiele uwagi i wysiłku poświęcono na zdobycie danych o profilach pracy wybranego środka transportu, a nie zawsze było to łatwe ze względu na tajemnice handlowe producentów.

Szczególną wartość pracy upatruję w modelowaniu matematycznym pracy zasobnika energii na podstawie rzeczywistych danych przyjętego ogniwa i cykli pracy. Doktorant przedstawia w pracy porównanie wyników swojej metody z metodą uznaną za metodę referencyjną.

Muszę stwierdzić, że wnikliwość i rzetelność Autora zrobiła na mnie mocne wrażenie.

Układ pracy uważam za prawidłowy i niewymagający żadnych zmian ani uzupełnień.

Opracowana autorska metoda wspomagająca projektowanie zasobnika energii do celów transportu stanowi istotny wkład Doktoranta w rozwój **dyscypliny naukowej Transport.**

3. UWAGI NATURY OGÓLNEJ

Z uwag natury edytorskiej chciałbym zwrócić uwagę na fakt, że symbole we wzorach muszą być takie same jak w tekście pracy.

I kolejna uwaga edytorska. Wydaje mi się dość nieszczęśliwe oznaczenie taką samą literą pojemności rozładowania akumulatora w [Ah] i pojemności kondensatora w [F] (patrz str.20). To samo dotyczy czasu i temperatury (ta sama strona). W tym drugim przypadku sugerowałbym temperaturę oznaczać dużą literą T w [K].

Podobnie jest na stronie 22 gdzie K jest stałą polaryzacji w $[V/Ah]$ lub rezystancją polaryzacji w $[\Omega]$.

We wzorze (20) na str. 56 nazwy funkcji trygonometrycznych powinny być pisane antykwą a nie kursywą!

Jeśli chodzi o uwagi merytoryczne, to sam Autor w rozdziale 7.7 wymienia założenia upraszczające przez Niego przyjęte. Chciałbym skupić się na jednym dotyczącym założenia, że wszystkie ogniwa w pakiecie są identyczne.

Aby sprowokować dyskusję w trakcie obrony, chciałbym spytać Doktoranta jak wielki, w produkcji seryjnej, jest rozrzut parametrów i czy uwzględnienie rozrzutu parametrów miałyby wpływ na poprawność zaproponowanej metody?

I drugie pytanie: Zaproponowana przez Autora metoda modelowania pracy akumulatora zakłada możliwość przeskalowania charakterystyk eksploatacyjnych pojedynczego ogniwa na docelowy akumulator. Wprawdzie modelowanie pracy całego zasobnika energii na podstawie analizy jednego jego ogniwa jest metodą znaną i opisywaną w literaturze, ale czy założenia że wszystkie ogniwa są identyczne i rozkład temperatury w całym pakiecie jest jednorodny nie jest zbyt restrykcyjne? Bo jeśli chodzi o temperaturę to sam Autor dostarcza dowodów symulacyjnych i pomiarowych, że tak nie jest (str. 105 i str. 106).

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Czytając pracę natknąłem się na nieliczne, drobne potknięcia redakcyjne i nieścisłości merytoryczne, które w punktach wymieniam poniżej.

1. Na str. 12 we wzorze (1) pierwsza całka po prawej stronie powinna chyba zawierać dt zamiast dy .
2. Na str. 15 mam wątpliwości co do wyboru zmiennych stanu jak i do poprawności wzoru (4). Wzór nie zgadza się ze schematem na Rys. 1.1 a w ostatnim wierszu miana po lewej stronie nie zgadzają się z mianami po stronie prawej.
3. Na str. 19 indukcyjność L podana jest w Ohmach zamiast w Henrach. Ponadto odnośnie wzoru (6) nie podano jednostek współczynnika Warburga.
4. Na str. 20 nie jest dla mnie jasne czy prawo Peukerta uwzględnia starzenie się ogniwa czy nie?
5. Na str. 22 przez i^* oznaczono dynamikę prądu w $[A]$?
6. Na str. 29 raz jest „...celi szczegółowych...” a następnie na tej samej stronie mamy „...celów szczegółowych...”
7. Na str. 42 podano prąd ładowania w $[Ah]$!
8. Na str. 56 wzór (20) zarówno współczynnik oporów aerodynamicznych jak i współczynnik oporów toczenia powinny mieć wymiar, a nie mają.

Zamieszczone powyżej uwagi szczegółowe w mają jedynie charakter porządkowy i nie mają wpływu na wysoką ocenę merytoryczną pracy. Treść rozprawy odpowiada tematowi określonemu w tytule, następstwo rozdziałów jest właściwe. Strona redakcyjna rozprawy stoi na bardzo wysokim poziomie.

5. PODSUMOWANIE

Opiniowana rozprawa, w moim przekonaniu spełnia wymagania określone w ustawie. Praca stanowi samodzielne rozwiązanie bardzo ciekawego, ale zarazem niezwykle trudnego zadania naukowego. Autor rozprawy wykazał się dobrą znajomością tematyki podjętej w rozprawie.

W świetle przepisów Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 roku (Dziennik Ustaw Nr 65, Poz. 595, Art. 13, p. 1, z późniejszymi zmianami z dnia 21.04.2017) „O stopniach i tytule naukowym”, stwierdzam, że rozprawa doktorska **mgr inż. Marcina Koniaka** pt.: **„Metoda wspomaganie projektowania litowo-jonowego akumulatora trakcyjnego uwzględniająca cykle pracy wybranych środków transportu”** spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej dyskusji i obrony.

