


Poznań, dn. 30.07.2022 r.

dr hab. inż. Leszek Kasprzyk, prof. Politechniki Poznańskiej
Politechnika Poznańska
Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3a
tel. 61 665 23 88 (-89)

S E K R E T A R I A T
Rady Dyscypliny AEE

Wpłynęło dnia 3.08.2022
Zarejestrowano pod nr
Podpis 

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Autor rozprawy: mgr inż. Anna Zielińska

Tytuł rozprawy: Analiza wpływu super szybkiej alokacji infrastruktury do ładowania samochodów elektrycznych na rozwój elektromobilności, w scenariuszu implementacji technologii Blockchain

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Andrzej Bień, prof. AGH

Promotor pomocniczy: dr inż. Mikołaj Skowron

Dziedzina: nauki inżyniersko-techniczne

Dyscyplina: automatyka, elektronika i elektrotechnika

Podstawa opracowania: ocenę rozprawy doktorskiej przygotowano na zlecenie dr hab. inż. Ryszarda Sroki, prof. AGH, Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika nr 41/2022 z dnia 2 czerwca 2022 r.

Ocena tematyki rozprawy

Tematyka recenzowanej pracy doktorskiej dotyczy analizy rozwoju elektromobilności w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem rozbudowy infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych, w aspekcie wykorzystania technologii Blockchain. Uważam, że problematyka ta – w dobie kryzysu paliwowego, ale także intensywnego rozwoju odnawialnych źródeł energii, magazynów energii i powszechnej informatyzacji przemysłu – jest zagadnieniem ważnym i aktualnym.

W wielu krajach na świecie poszukuje się rozwiązań technicznych, ekonomicznych i prawnych, które umożliwią utworzenie przestrzeni dla rozwoju elektromobilności oraz rynku paliw alternatywnych (szczególnie transportu elektrycznego), co w konsekwencji ma na celu obniżenie

poziomu uzależnienia od importu ropy naftowej, a także ograniczenie szkodliwości sektora transportowego na środowisko naturalne. Potwierdzają to raporty na temat elektromobilności publikowane przez instytucje rządowe, z których wynika, że aktualnie w naszym kraju istnieje duża potrzeba poszukiwania modeli biznesowych związanych z upowszechnianiem pojazdów elektrycznych i przyspieszeniem elektryfikacji transportu.

W obszarze inżynierii elektrycznej istnieje wiele prac naukowych na świecie dotyczących technologii Blockchain. W bazie Web of Science z okresu zaledwie 3 ostatnich lat, znaleźć można blisko 20 tysięcy artykułów zawierających słowo *blockchain*, z czego znaczna większość zaliczona jest do kategorii "*Engineering electrical electronics*". Świadczy to o ważności i aktualności omawianego problemu. Dodatkowo obszar zastosowania tej technologii szybko się rozszerza. Z tego powodu napisanie ocenianej rozprawy doktorskiej wymagało od Doktorantki wiedzy i umiejętności nie tylko z obszaru elektrotechniki klasycznej, lecz również znajomości zagadnień informatycznych i ekonomicznych.

W związku z tym uważam, że oceniana rozprawa doktorska **znajduje się w obszarze dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika**, chociaż obejmuje również zagadnienia z zakresu ekonomii. Oceniana rozprawa jest istotna z punktu widzenia rozwoju elektromobilności i **wymagała przeprowadzenia badań o charakterze naukowym odpowiednim dla poziomu stawianego pracom doktorskim.**

Analiza i ocena układu rozprawy oraz jej celu i tezy

Recenzowana praca doktorska złożona została w formie monografii zawierającej 162 strony. Jest podzielona na 11 rozdziałów i składa się z wprowadzenia, tezy i zakresu pracy (rozdział 1), przeglądu technologii ładowania samochodów elektrycznych (rozdział 2), opisu technologii Blockchain (rozdział 3), pogłębionego przeglądu stanu wiedzy na temat wdrożeń technologii Blockchain w elektromobilności (rozdział 4) oraz trzech rozdziałów merytorycznych (rozdziały 5–7) i podsumowania (rozdział 8). Ostatnie 3 rozdziały zawierają „Słownik pojęć i definicji”, „Bibliografię” oraz „Spis rysunków i tabel”. Układ pracy jest poprawny, poszczególne rozdziały są jasno wyróżnione, a rysunki, tabele oraz zależności matematyczne poprawnie opisane i ponumerowane. Wykaz cytowanej literatury obejmuje 150 pozycji, w tym 7 autorstwa Doktorantki. Wśród cytowanej literatury duża część należy do grupy tzw. źródeł internetowych, jednak biorąc pod uwagę fakt, że rozpatrywana tematyka jest zagadnieniem stosunkowo nowym, można uznać, że **Doktorantka ma dobre rozeznanie w prezentowanym obszarze, a przedstawiona literatura i jej obszerność jest wystarczająca.**

W pierwszym rozdziale, po krótkim wprowadzeniu, Doktorantka przedstawiła cel, cele szczegółowe oraz tezę i zakres pracy. Celem postawionym przez Doktorantkę było *opracowanie metody do analizy przepływu, bilansowania i rozliczeń energii elektrycznej pobranej w procesie ładowania pojazdu elektrycznego w środowisku blockchain. Analiza wykorzystania ICO jako możliwości dla rozwoju rynku punktów ładowania oraz zbadanie zależności, wzajemnych powiązań, możliwości współistnienia dwóch środowisk: elektrotechniki użytkowej i blockchain przy rozwoju sektora elektromobilności. Wykazanie, że wprowadzenie technologii Blockchain do zaproponowanego przez autorkę algorytmu do rozliczania energii elektrycznej może przyczynić się do dynamicznego rozwoju rynku samochodów elektrycznych poprzez zwiększenie liczby punktów ładowania i optymalne wykorzystanie energii elektrycznej.*

Natomiast teza sformułowana została następująco: *jest możliwe zastosowanie technologii Blockchain w elektroenergetyce, na potrzeby realizacji procesu ładowania pojazdu elektrycznego* (powinno być elektrycznego) *opartego na analizie technologicznej i finansowej, oraz obserwacji procesów ładowania pojazdów elektrycznych w obszarze „Smart Grid”.* *Technologię Blockchain można zastosować do rozwiązań biznesowych wspomagających rozwój sieci punktów ładowania samochodów elektrycznych, z korzyścią dla każdego uczestnika procesu, tj. inicjatora (beneficjenta), inwestora oraz użytkownika pojazdu elektrycznego.*

Uważam, że teza jest zbyt długa. Niepotrzebne wydaje się wyrażenie „w elektroenergetyce”, która utrudnia zrozumienie tezy, nie zmieniając jej merytorycznego sensu. Identyczna uwaga dotyczy wyrażenia „w obszarze Smart Grid”. Również przecinki są niepoprawnie wstawione, co także utrudnia zrozumienie tezy. Drugie zdanie tezy, po drobnej modyfikacji, mogłoby być przeniesione do celów szczegółowych pracy, ponieważ stanowi w dużej mierze uszczegółowienie pierwszego zdania.

Uważam również, że cel i teza nie w pełni odzwierciedlają tytuł pracy, z którego można wywnioskować, że praca dotyczyć będzie wpływu alokacji infrastruktury do ładowania samochodów elektrycznych na rozwój elektromobilności, tymczasem w celu i tezie pracy, a także w treści pracy skupiono się na analizie wpływu technologii Blockchain na rozwój infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych – **proszę o rozwinięcie tej kwestii podczas publicznej obrony**. Ponadto jestem zdania, że w tezie, gdy w mowa o „(...) ładowaniu pojazdu elektrycznego (...)” należałoby zastosować liczbę mnogą i napisać o „(...) ładowaniu pojazdów elektrycznych (...)”.

W celu pracy napisane jest zdanie: „Wykazanie, że wprowadzenie technologii Blockchain (...) może przyczynić się do dynamicznego rozwoju rynku samochodów elektrycznych poprzez zwiększenie liczby punktów ładowania i optymalne wykorzystanie energii elektrycznej”. Nie znaleziono jednak w pracy nic na temat optymalnego wykorzystywania energii elektrycznej. **Co Doktorantka miała na myśli pisząc o optymalnym wykorzystywaniu energii?**

Także niezrozumiałe wydaje się zdanie zapisane w celach szczegółowych „Rozważania i analiza nad modelem matematycznym zakładającym symulację alokacji infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych oraz system obsługi ładowarek energii elektrycznej zarządzany dzięki technologii Blockchain jako obszar dystrybucji energii”. **Proszę o wyjaśnienie, jak należy interpretować to sformułowanie.**

Uważam jednak, że wskazane przeze mnie uwagi krytyczne nie mają istotnego znaczenia merytorycznego, dlatego **stwierdzam, że układ pracy jest poprawny, a cel i teza pracy prezentują poziom odpowiedni dla rozpraw doktorskich.**

Analiza zawartości rozprawy

W rozdziale drugim Doktorantka przedstawiła ogólne informacje na temat akumulatorów elektrochemicznych stosowanych w samochodach elektrycznych, ogólną budowę samochodów elektrycznych oraz najważniejsze dane dotyczące stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Jest to rozdział przeglądowy, napisany poprawnie, chociaż można w nim znaleźć kilka drobnych błędów merytorycznych, np. na rysunku 2, na którym przedstawiono schemat blokowy pojazdu elektrycznego, niepoprawnie zaznaczono przepływ energii między poszczególnymi układami pojazdu – wynika z nich, że „odbiorcy energii” (powinno być „odbiorniki energii”) mogą zasilać

akumulator 12 V, który następnie może zasilać baterię wysokiego napięcia. Takich rozwiązań się nie stosuje w praktyce. Dodatkowo, w samochodach elektrycznych niemal niespotykane jest stosowanie przekształtnika DC/DC pomiędzy akumulatorem wysokiego napięcia a falownikiem silnika elektrycznego.

W dalszej części rozdziału 2 scharakteryzowano stacje ładowania pojazdów elektrycznych – przedstawiono ich klasyfikację, najważniejsze cechy stacji ładowania typu AC i DC oraz omówiono tryby pracy, zgodnie z normą IEC 62196. Przedstawiono również założenia dotyczące punktów ładowania znajdujące się w ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, a także dane statystyczne na temat liczby zarejestrowanych pojazdów elektrycznych i publicznych stacji ładowania. Następnie omówiono metody ładowania pojazdów elektrycznych oraz integracji z siecią elektryczną. W tej części pracy dokonano także wyboru stacji ładowania na potrzeby badań, opisanych w kolejnych rozdziałach.

W rozdziale 3 Doktorantka scharakteryzowała technologię Blockchain. Przedstawiła krótki rys historyczny, funkcje i podstawowe elementy łańcucha bloków (w tym metody szyfrowania, funkcje haszujące, mechanizmy konsensusu i inteligentne kontrakty). W dalszej części opisała *Initial Coin Offering* (ICO), jako metodę pozyskiwania kapitału początkowego (w celu sfinansowania inwestycji) w postaci kryptowalut lub wirtualnych żetonów. Rozdział ten, z merytorycznego punktu widzenia, jest napisany poprawnie, chociaż dość ogólnie, na niskim poziomie szczegółowości. Drobną jego wadą jest to, że wyróżnia się dużą liczbą angielskojęzycznych wyrazów np. na str. 62: „oferta przekazywana jest w postaci Whitepaper”. Co więcej, niekiedy pisząc zdania po polsku Doktorantka stosuje wyraz angielskojęzyczny, a jedynie w nawiasie wyjaśnienia znaczenie polskojęzyczne np. na str. 47: „Internet of things (IoT, Internet rzeczy)”.

W kolejnym rozdziale Doktorantka dokonała gruntownego przeglądu literatury na temat dotychczasowych koncepcji wdrażania technologii Blockchain do systemów powiązanych z elektromobilnością oraz systemów współpracujących z odnawialnymi źródłami energii. Szczegółowo skomentowała kilkanaście projektów realizowanych na całym świecie.

W pierwszej części rozdziału 5, zatytułowanego „Analiza rozwoju elektromobilności przy użyciu modelu matematycznego”, Doktorantka przedstawiła ogólne założenia proponowanego modelu oraz uszczegółowiła cele, jakie chciałaby osiągnąć wykorzystując opracowywany model. Opisała zależności między uczestnikami inwestycji, nazywanymi w pracy aktorami modelu – beneficjentem, inwestorem i klientem oraz algorytmem. W tej części pracy znaleźć można powtarzające się nieścisłości związane z tym, że algorytm jest aktorem algorytmu (str. 79).
Proszę o wyjaśnienie tej kwestii.

W kolejnej części rozdziału 5 Doktorantka przedstawiła na przykładach ogólne zależności techniczno-ekonomiczne związane z integracją systemu Blockchain i stacji ładowania pojazdów elektrycznych oraz koncepcje przepływu informacji. Następnie wymieniła i scharakteryzowała założone parametry, wykorzystane w prezentowanych w dalszej części analizach. Parametry te dotyczyły następujących kwestii:

- ilości pobranej energii elektrycznej w procesie ładowania – będącej rzeczywistymi wartościami uzyskanymi z firm Nexity Global SA,
- rocznej liczby ładowań,
- współczynnika rozwoju – określającego przyrost pojazdów z napędem elektrycznym,

- współczynnika podziału – określającego względną liczbę ładowań realizowanych wyłącznie za gotówkę,
- współczynnika proporcji – określającego część opłaty za proces ładowania dokonanej z wykorzystaniem gotówki,
- współczynnika degradacji – określającego względną liczbę tokenów,
- marży, ceny energii elektrycznej oraz ceny voucherów,
- liczby generowanych tokenów,
- systemu sprzedaży voucherów,
- ceny vouchera w tzw. odwrotnej aukcji,
- kosztu stacji ładowania.

W podrozdziale 5.4 zatytułowanym „Eksplikacja modelu i metod badawczych”, stanowiącym jeden z kluczowych elementów rozprawy, Doktorantka opisała zaproponowany przez siebie model matematyczny, w którym przedstawiła zależności opisujące przepływy finansowe, służące do oceny efektywności inwestycji z wykorzystaniem metod NPV (ang: *Net Present Value* – wartość bieżąca netto) oraz IRR (ang: *Internal Rate of Return*, wewnętrzna stopa zwrotu). Wybrane metody badawcze oraz model matematyczny są przedstawiony poprawnie i zrozumiale, chociaż są mało nowatorskie – zawierają jedynie zbiór procedur umożliwiających wyznaczenie czasu zwrotu inwestycji oraz zysków inwestora i beneficjenta. Niezrozumiałe są jednak niektóre zapisy w kilku zależnościach, np. we wzorach (31) – (35): " $1 \ll t \ll 15$ ". **Jak należy to rozumieć?** Niepotrzebnie też, pod każdą grupą wzorów, powtarzane są wyjaśnienia symboli, które już wcześniej zostały użyte i wyjaśnione. Natomiast pod wzorami (41) – (44) znajduje się wyjaśnienie symbolu W_{ICO} , którego nie ma w żadnej z zależności w pracy. **Jak należy rozumieć wyjaśnienie „ $E_{en,el}(t)$ – całkowita ilość pobranej energii w procesach ładowania w czasie”?**

Z zapisu na str. 89 wynika, że losowane ilości energii oddanej przez stację ładowania w pojedynczym okresie wynoszą od 39 kWh do 80 kWh. **Czy wartość 39 kWh jest faktycznie najmniejszą wartością znajdującą się w danych dostarczonych przez firmę Nexity Global S.A.? Jeśli nie, to dlaczego właśnie taką wartość przyjęto w pracy? Wartość ta wydaje się być zawyżona. Jaki wpływ ma ona na wyniki symulacji? Dlaczego w symulacji nie wykorzystano rzeczywistych danych pomiarowych?**

Ostatnią część rozdziału 5 stanowi podrozdział 5.5. „Wyniki modelowania i analiza scenariuszy rozwoju elektromobilności”. Przedstawiono w nim wyniki symulacji przeprowadzonych dla pięciu scenariuszy, odzwierciedlających różne warianty inwestycyjne, które zostały szczegółowo opisane w rozprawie. Dla każdego z rozpatrywanych scenariuszy Doktorantka przedstawiła, w postaci tabel i wykresów, coroczne oraz skumulowane dochody inwestorów i beneficjentów, które uzupełniła odpowiednim komentarzem. Dodatkowo, uzyskane wyniki Doktorantka przanalizowała w rozdziale 6, odnosząc się jednocześnie do rozwoju infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce, wykazując dodatkowo zalety technologii Blockchain w aspekcie rozwoju elektromobilności oraz odnawialnych źródeł energii i systemu rozliczania opłat za energię elektryczną.

Przedostatnim merytorycznym rozdziałem rozprawy jest rozdział 7 zatytułowany „Predykcja rozwoju, rekomendacje i integracja wiedzy”, w którym krótko przedstawione zostały czynniki prawne mające wpływ na rozwój technologii Blockchain, a także rozważania nad możliwościami zastosowania tej technologii w różnych obszarach gospodarki. Doktorantka w tej części pracy wskazała również możliwe kierunki rozwoju technologii Blockchain.

W rozdziale 8 (Podsumowanie), Doktorantka przedstawiła wnioski, w których wykazała zalety opracowanego przez siebie modelu oraz możliwości jego zastosowania w systemach nadzorujących i rozliczających pracę stacji ładowania pojazdów elektrycznych, które wykorzystują technologię Blockchain. Doktorantka podkreśliła, że zastosowane w symulacji dane pomiarowe uwiarygadniają uzyskane wyniki. Jednak zdaniem recenzenta, z treści pracy wynika, że w symulacji zastosowano dane pseudolosowe z zakresu 39 – 80 kWh, który przyjęto na podstawie danych pomiarowych.

W drugim wniosku pojawia się stwierdzenie: „Najlepsze i najbardziej optymalne (...) wskaźniki (...) zostały przedstawione w Scenariuszu III”. Stwierdzenie takie jest z zasady niepoprawne, ponieważ skoro coś jest optymalne, czyli najlepsze z pewnego punktu widzenia, to nie może być bardziej lub mniej optymalne, a wyrażenie „najlepsze i najbardziej optymalne” jest moim zdaniem niedopuszczalne w rozprawie doktorskiej. Co więcej, w ogóle nie można uznać, że wspomniane wskaźniki są optymalne, ponieważ nie przeprowadzono w pracy optymalizacji w pełnym tego słowa znaczeniu, a jedynie poddano analizie kilka wariantów wskaźników (określonych w pracy dla rozpatrywanych scenariuszy).

W trzecim wniosku Doktorantka stwierdza, że mechanizm ICO „(...) zwiększy liczbę ładowarek (...). Jednocześnie może wpłynąć na zwiększenie liczby samochodów elektrycznych”. **Proszę aby Doktorantka podczas publicznej obrony odniosła się – chociaż w sposób ogólny – do tego, jaki wpływ może mieć ICO na wzrost liczby ładowarek i samochodów elektrycznych, w porównaniu do innych np. dotychczasowych lub alternatywnych rozwiązań.**

Ostatni wniosek pracy o treści: „Wzrost liczby stacji ładowania wpłynie na zwiększenie liczby samochodów elektrycznych. Zbliżenie się do poziomu 20% udziału EV w rynku i pozyskiwanie energii elektrycznej do ich ładowania ze źródeł odnawialnych, przyczyni się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (o co najmniej 55% do 2030 r. na terenie UE)” uważam niemal w całości za oczywisty, za wyjątkiem treści w nawiasie, która w żaden sposób nie wynika z pracy, tylko jest informacją literaturową.

Moim zdaniem niefortunne jest też następujące zdanie znajdujące się we wnioskach: „Pozytywna ocena modelu symulacyjnego to warunek konieczny, aby uznać symulator za narzędzie badawcze przy programowaniu opisywanego w pracy zagadnienia”. To zdanie jest oczywiste, nic z niego nie wynika.

Dodatkowe pytania i uwagi krytyczne

1. Na str. 22 jest napisane, że akumulatory litowo-jonowe mają wysoką gęstość mocy – ponad 25 W/kg, tymczasem w cytowanym źródle jest 250 W/kg.
2. Na str. 23 jest napisane: „Oprócz technologii litowo-jonowej, coraz częściej na rynku można zaobserwować akumulatory LFP – litowo-żelazowo-fosforanowe (...)”. Lecz akumulatory typu LFP należą właśnie do grupy litowo-jonowych, które jako grupa zostały ogólnie opisane na str. 22. Tymczasem nie wspomniano o innych, powszechnie stosowanych w pojazdach elektrycznych, akumulatorach np. NMC (litowo-niklowo-manganowo-kobaltowych).
3. Doktorantka w niektórych częściach pracy powtarzała te same informacje lub nawet podawała rozbieżne dane na ten sam temat, pochodzące z różnych źródeł. Jako przykład można podać dane na temat stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Na str. 39 jest

napisane: „Stanowiska szybkiego ładowania wykorzystujące prąd stały (DC) dysponują obecnie mocą do 150 kW, wtedy czas ładowania trwa do około 30 minut w przypadku ładowania do 80% pojemności średniej wielkości baterii pojazdu (50 kWh) [17]”. Natomiast na str. 27 znaleźć można informacje, że szybkie punkty ładowania charakteryzują się mocą od 41 kW do 145 kW, a na str. 24: „Dla użytkowników pojazdów elektrycznych priorytetem jest zwiększenie liczby punktów ładowania i zastosowanie technologii szybkich ładowarek (>50 kW) pozwalających na naładowanie akumulatora w kilkanaście minut (...)”. Niekonsekwencja dotyczy zarówno nazewnictwa (lub zakresów mocy) stacji ładowania, jak i czasu ładowania pojazdów elektrycznych. Podobnie w kwestii złączy stosowany do ładowania pojazdów. Szczegóły na ten temat znaleźć można zarówno na str. 26 – 28, ale częściowo wiadomości te powtórzone są na str. 38 – 39.

4. Na str. 52 jest napisane: „Energia ta zamieniana jest na moc komputerów (...)” – jak należy to rozumieć?
5. W pracy brakuje analizy ryzyka inwestycji? Jak Doktorantka ocenia ryzyko analizowanych inwestycji w aspekcie wykorzystanie technologii Blockchain?
6. Jak należy rozumieć zwrot na str. 116: „spadek popytu na instrument finansowy”?
7. Na str. 76. w pierwszym akapicie jest napisane „Powstały plik modelu matematycznego stanowi integralną część pracy.” Niestety nie otrzymałem tego pliku, chociaż nie był on niezbędny do zrealizowania recenzji rozprawy.

Uwagi dotyczące języka pracy oraz edycyjne

- Rozdział 1.1 został podzielony na jeden podrozdział 1.1.1. Taki podział wydaje się być bezcelowy.
- W rozprawach doktorskich nie należy stosować zwrotów, np. „Rozdział 4 omawia ...”, „Rozdział 5 przedstawia...”, „Rozdział 6 prezentuje...”, „dane mówią...”, „symulacja pokazuje...”, „scenariusz bada model”, „scenariusz pokazuje ekonomię...”, „model matematyczny zwraca uwagę na...”.
- Na str. 37 i 38: „przetworniki AC/DC (...), które obsługują PFC (...) i mogą przyjmować kształt prądu sinusoidalnego” – niepoprawny zapis.
- W pracy można znaleźć zwroty, które uważam za slang, który nie powinien się znaleźć w pracy doktorskiej, np. „ładowanie elektryków” (w sensie pojazdów elektrycznych), „żywa gotówka”, „usprawnić rzeczywistość”, „czysty zysk”, „jak działa organizm” (mowa o działaniu systemu), „algorytm mówi systemowi”, „cofamy się w czasie” (gdymowa o historii), „w zakresie blockchain i elektromobilności istnieje wspólny mianownik”, „czas życia algorytmu”, „wpływ zostanie zniwelowane do zera” (wystarczy napisać zniwelowany), „połowa kilowatogodzin” (powinno być połowa energii), „ekonomia pracy ładowarki” (niezrozumiały zwrot), „bardzo ponadprzeciętne”, „początek startu”.
- W pracy można znaleźć kilka nielogicznych zdań, np. na str. 22: „Obszar bezpiecznej pracy stanowi dla producentów tych rozwiązań duże wyzwanie, albowiem wysoką gęstością energii lub też duża wrażliwość na mechaniczne, elektryczne lub termiczne przeciążenie akumulatorów litowych może powodować niekontrolowany wzrost temperatury” – pomijając błędy stylistyczne, gęstość energii czy wrażliwość na przeciążenia nie może powodować wzrostu temperatury.
- Zbyt często pojawiają się zdania, w których przeplatane są wyrazy z języka angielskiego, np. „uzupełnić cash flow”, „zakończony wielkim buyoutem”, „dla Token owner’a”, lub

wyrazy napisane są po polsku i niepotrzebnie tłumaczone na język angielski, np. „tokeny będą spalone (burn)”.

- W pracy brakuje wyjaśnień skróty przekształtników energoelektronicznych opisywanych na str. 37 (np. B2U, B6C).
- Dlaczego w całej pracy „Blockchain” pisane jest z wielkiej litery tylko, gdy przed tym wyrazem znajduje się wyraz „technologia”, a w pozostałych przypadkach z małej? Dlaczego pisząc np. „protokół blockchain”, Doktorantka nie stosuje wielkiej litery?
- We wzorze (41) jeden z nawiasów jest niepotrzebny.
- Na str. 63 brakuje zamknięcia nawiasu.
- Pod wzorami (41) – (44) dwukrotnie wyjaśniono znaczenie symbolu K_{BE} .
- W kilku podpisach wzorów w rozdz. 5.4 jest napisane „TB – tokeny spalone w procesie” – powinno być „TB – liczba tokenów spalonych w procesie”
- Str. 130 jest pusta.
- W pozycji literaturowej [17] brakuje kilku współautorów.

Ponadto w pracy można znaleźć kilkanaście innych literówek i błędów stylistycznych, które nie mają istotnego wpływu na ogólną pozytywną ocenę merytoryczną.

Ocena merytoryczna rozprawy

W przedłożonej do oceny rozprawie doktorskiej, mgr inż. Anna Zielińska podjęła się rozwiązania zadania istotnego z punktu widzenia zarówno krajowej, europejskiej, jak i światowej gospodarki, jakim jest analiza wpływu technologii Blockchain na rozwój infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych, zagadnienia złożonego od strony naukowej, związanego z dyscypliną naukową *automatyka, elektronika i elektrotechnika*. **Założone cele pracy zostały osiągnięte, a postawiona teza udowodniona** na drodze przeprowadzonych symulacji numerycznych obejmujących analizę przepływów energii oraz zysków inwestora i beneficjenta oraz analizę wpływu zastosowanych rozwiązań techniczno-ekonomicznych na rozwój infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych. Moim zdaniem przedstawione w rozprawie wyniki mogą zostać wykorzystane w praktyce.

Do najważniejszych osiągnięć przedstawionych w rozprawie należy zaliczyć:

- przeprowadzenie analizy systemów ładowania pojazdów elektrycznych na potrzeby implementacji technologii Blockchain,
- opracowanie modelu matematycznego procesów ekonomiczno-technicznych związanych z inwestycją w stację ładowania, jej sterowaniem oraz rozliczaniem pobranej energii elektrycznej,
- opracowanie koncepcji użycia ICO (z ang. *Initial Coin Offering*), jako sposobu na finansowanie stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
- opracowanie koncepcji rozliczania procesu ładowania pojazdów elektrycznych z wykorzystaniem tokenów (tzw. tokenomii procesu ładowania),
- opracowanie aplikacji służącej do analizy przepływów finansowych oraz wyznaczania zysku dla inwestora oraz beneficjenta stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
- analiza wpływu różnych scenariuszy inwestycji na rozwój stacji ładowania pojazdów elektrycznych.

Wniosek końcowy

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Anny Zielińskiej dotyczy ważnego i aktualnego zagadnienia, mieszczącego się w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych, dyscyplinie *automatyka, elektronika i elektrotechnika*, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz **spełnia wymagania określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki** (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z póź. zm.), w związku z tym **wniosuję o dopuszczenie mgr inż. Anny Zielińskiej do publicznej obrony.**



dr hab. inż. Leszek Kasprzyk, prof. PP

