

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

pt: **Trójcewkowy silownik elektrodynamiczny do zastosowania w napędzie szybkim wyłącznika**

autorstwa mgr inż. Szymona Stoczko z Politechniki Warszawskiej

Recenzja niniejsza została opracowana na podstawie pisma Pana prof. dr hab. inż. Pawła Szczepańskiego z dnia 07.05.2025, powołujące się na uchwałę Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej, o numerze 77/III/2025, z dnia 22 kwietnia 2025 r. o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia naukowego doktora. Opiniowana rozprawa doktorska powstała na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej, Promotorem pracy jest Pan dr hab. inż. dr hab. inż. Marcina Szewczyka, profesora uczelni.

W recenzji zostanie przeprowadzona ocena, czy przedstawiona rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Dz. U. z 2018 r, poz. 1668, z późniejszymi zmianami).

1. Temat rozprawy i jego uzasadnienie

Łączniki hybrydowe odgrywają coraz większą rolę w wyłączaniu prądu przemiennego, jak i stałego. Jednym z ważnych kierunków rozwoju łączników hybrydowych są sieci prądu stałego średniego i wysokiego napięcia (ang. HVDC), chroniących podmorskie linie kablowe, jak i połączenia pomiędzy asynchronicznymi systemami prądu przemiennego, czy mosty elektroenergetyczne łączące obszary o dużej generacji morskiej energetyki wiatrowej. Łączniki hybrydowe stosowane mogą być również w trakcji oraz do łączenia bateryjnych magazynów energii dużej mocy. Aparaty elektryczne będące w stanie wyłączyć prąd stały są poszukiwane również do zabezpieczeń paneli fotowoltaicznych, elementów wchodzących w skład smart gridu, przemyśle IT, gdzie powstają koncepcje zasilania serwerowni napięciem DC, w szczególności podczas wykorzystania technologii sztucznej inteligencji (AI) i uczenia maszynowego (ML) (*notabene usługi te (Chat GBT, AI wyszukiwanie, Google.com) generują w ramach UE niewyobrażalne 3,3 mln ton CO₂/rok bez uwzględnienia procesu uczenia AI*), czy nawet mniej popularnych zastosowań takich jak zabezpieczenie cewki Tokamaka.

Z powyższego powodu na świecie prowadzone są liczne prace badawczo-rozwojowe nad łącznikami hybrydowymi zapewniające bezpieczne warunki pracy niskonapięciowego obwodu elektrycznego, jak również średniego napięcia, zarówno podczas przepływu prądu znamionowego, jak też prądu zwarciovowego. Badanie te prowadzone są nie tylko na prototypach łączników w zwarciowniach, ale również prowadzone są badania modelowe m.in. napędów indukcyjno-dynamicznych, czy szybkich silowników elektrodynamicznych przy wykorzystaniu profesjonalnych pakietów komputerowych

Na dodatek, ze względu na trwającą światową wojnę hybrydową, obecnie jest duże zapotrzebowanie ze strony przemysłu na nowe, bądź udoskonalone łączniki elektroenergetyczne o coraz wyższych parametrach znamionowych.

Podjęcie tej tematyki jest w pełni uzasadnione ze względu na jej duże znaczenie zarówno naukowe, jak i aplikacyjne szczególnie dla gospodarki w czasie transformacji do „Przemysłu 4.0”, w celu umożliwienia racjonalnej eksploatacji łączników i zwiększenia niezawodności obwodów, w których zostały zastosowane.

PB

Celowość rozwijania tej tematyki w stosunku do obecnego poziomu wiedzy jest wobec tego bezdyskusyjna, a recenzowana rozprawa stanowi oryginalny dorobek Doktoranta. Główną przesłanką uzasadniającą prezentowane stanowisko jest, w recenzowanej pracy, interdyscyplinarne opracowanie wielu złożonych zagadnień teoretycznych i praktycznych dotyczących możliwości poprawy szybkości działania łączników, poprzez skrócenie czasów zadziałania łącznika przy wykorzystaniu szybkiego siłownika elektrodynamicznego jako napędu szybkiego, co znajduje zastosowanie w szczególności w odniesieniu do łączników hybrydowych dla sieci prądu stałego średnich i wysokich napięć. Należy nadmienić, że funkcjonalności te są nieosiągalne w konwencjonalnych konstrukcjach z napędami zasobnikowo-sprężynowymi oraz elektromagnesowymi.

2. Struktura pracy, główne rezultaty rozprawy, ocena tezy i umiejętność prezentowania wyników naukowych

Przedstawiona do recenzji rozprawa jest napisana w języku polskim i zawiera 152 stron tekstu podstawowego, w tym: 12 stron spisu literatury zawierający 152 wielojęzycznych pozycji bibliograficznych zestawionych w kolejności cytowania. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska zawiera jednoznacznie określone cele, tezę oraz zakres pracy. Treść merytoryczna rozprawy została zawarta w rozdziałach 1-6, wraz z dodatkowym podsumowaniem w rozdziale 7 zawierającym wnioski końcowe i możliwe kierunki dalszych badań w zakresie napędu łącznikowego. Rozprawa stanowi jednolitą tematycznie całość nie wymagającą uzupełnień.

Rozprawa składa się z następujących elementów:

- Spis treści
- 1. WPROWADZENIE;
- 1.1. Problematyka rozprawy;
- 1.2. Współczesne kierunki rozwoju napędów łącznikowych;
- 1.2.1. Napędy elektromagnesowe;
- 1.2.2. Napędy elektrodynamiczne;
- 1.2.3. Przesłanki do opracowania nowych konstrukcji napędów łącznikowych;
- 1.2.4. Podsumowanie;
- 1.3. Teza, cel i zakres rozprawy;
- 1.4. Przegląd zawartości rozprawy;
- 2. ODWZOROWANIE GEOMETRYCZNE UZWOJENIA SIŁOWNIKA;
- 2.1. Opis polowy uzwojenia siłownika elektrodynamicznego;
- 2.1.1. Wektorowy potencjał magnetyczny pola magnetostaticznego;
- 2.1.2. Energia pola magnetostaticznego;
- 2.1.3. Indukcyjność własna i wzajemna pojedynczych zwojów;
- 2.1.4. Indukcyjność własna i wzajemna w układzie wielozwojowym;
- 2.2. Odwzorowanie geometryczne konturu uzwojenia;
- 2.2.1. Zwoje koncentryczne;
- 2.2.2. Spirala Archimedesowa;
- 2.3. Indukcyjność konturów koncentrycznych o przekroju prostokątnym;
- 2.4. Podsumowanie;
- 3. KONCEPCJA NAPĘDU Z TRÓJCEWKOWYM SIŁOWNIKIEM;
- 3.1. Opis matematyczny siłownika elektrodynamicznego;
- 3.2. Symulacje statyczne modelu trójcewkowego siłownika elektrodynamicznego;
- 3.3. Badania wariantowe geometrii cewki środkowej;
- 3.4. Symulacje przemieszczenia w oparciu o symulacje magnetostaticzne;
- 3.5. Podsumowanie;
- 4. BADANIA NA MODELU FIZYCZNYM SIŁOWNIKA TRÓJCEWKOWEGO;
- 4.1. Model fizyczny i uzwojenie robocze;
- 4.1.1. Cewki robocze;
- 4.1.2. Zespół zasobnikowo-sterujący;
- 4.1.3. Konstrukcja wsporcza i przeniesienie napędu;
- 4.2. Charakterystyka siłowa sprężyn dociskowych;
- 4.2.1. Cechy mechaniczne sprężyny dociskowej wyłącznika próżniowego SN;
- 4.2.2. Współczynnik sprężystości stosu sprężyn talerzowych;
- 4.3. Identyfikacja parametrów pętli prądowej;

- 4.3.1. Analiza z wykorzystaniem symulacji harmonicznej;
- 4.3.2. Analiza przebiegu prądu uzwojenia siłownika;
- 4.4. Pomiary przemieszczenia elementu wykonawczego siłownika;
- 4.4.1. Rejestracja przemieszczenia;
- 4.4.2. Pomiary rozruchowe dla zmiennego wymuszenia prądowego;
- 4.5. Wpływ masy stykowej na przebiegi przemieszczenia;
- 4.6. Wpływ początkowej siły oporowej na przebieg przemieszczenia;
- 4.7. Modelowanie i badania symulacyjne kinematyki ruchu;
- 4.8. Symulacje z odwzorowanym rygłem łącznikowym;
- 4.9. Podsumowanie;
- 5. NAPĘD WYŁĄCZNIKA SN Z SZYBKIM SIŁOWNIKIEM TRÓJCEWKOWYM;
- 5.1. Napęd fabryczny wyłącznika Tavrída;
- 5.2. Stanowisko do badań napędu szybkiego wyłącznika Tavrída;
- 5.3. Podsumowanie;
- 6. KINEMATYKA RUCHU ZESPOŁU NAPĘDOWEGO BIEGUNA WYŁĄCZNIKA SZYBKIEGO;
- 6.1. Pomiary czasów własnych napędu fabrycznego wyłącznika Tavrída;
- 6.1.1. Wyznaczenie czasu własnego fabrycznego siłownika elektromagnetycznego;
- 6.1.2. Wyznaczenie czasu własnego fabrycznego sterownika napędu;
- 6.2. Pomiary charakterystyk ruchu wyłącznika z napędem szybkim;
- 6.3. Pomiary przemieszczenia zsynchronizowanych napędów;
- 6.4. Podsumowanie;
- 7. PODSUMOWANIE;
- 7.1. Wnioski dotyczące badań przedstawionych w rozprawie;
- 7.2. Kierunki dalszych badań w zakresie napędu łącznikowego;
- BIBLIOGRAFIA.

W rozdziale 1 przedstawiono ogólnie opis problematyki rozprawy, prezentując tezę, cel i zakres rozprawy na tle współczesnych kierunków rozwoju napędów łącznikowych.

W rozdziale 2 zaprezentowano syntetycznie opis obliczeń indukcyjności oraz analizę sposobu odwzorowania uzwojenia siłownika, z wykorzystaniem metod analitycznych, właściwego pod kątem prowadzonych w dalszej części rozprawy symulacji w oparciu o połowy model magnetostatyczny.

W rozdziale 3 opisano parametryczne badania symulacyjne, dla których przeprowadzono analizy rozkładu pola magnetycznego, siły, energii oraz parametrów obwodowych siłownika trójcewkowego. Uzyskany model połowy sprzężono z modelowanym obwodowo wymuszeniem prądowym oraz z obciążeniem mechanicznym. Obliczenia te stanowiły podstawę dla opracowania magnetostatycznego połowego modelu symulacyjnego, przy użyciu którego wykonano symulacje statyczne siłownika wraz z badaniami wariantowymi cewki ruchomej obejmującymi m.in. symulacje jej przemieszczenia.

W rozdziale 4 Autor prezentuje uzyskane wyniki eksperymentalne wybranej konstrukcji siłownika wraz z układem zasilania w skali laboratoryjnej. Zawiera opis pomiarów wstępnych dotyczących identyfikacji obciążenia mechanicznego oraz umożliwiających identyfikację obwodowych parametrów pętli zasilania. Na tej podstawie wykonano model fizyczny siłownika trójcewkowego, zawierający cewki robocze i zespół zasobnikowo-sterujący wraz z konstrukcją wsporczą i elementami przeniesienia napędu. Wykonano również badania pomiarowe tego układu w zakresie charakterystyk siłowych sprężyn dociskowych, charakterystyk prądowych uzwojenia siłownika, sił oporowych oraz kinematyki cewki ruchomej. Pomiary te wykorzystano do opracowania modelu symulacyjnego sprzężonego połowo-obwodowego służącego do wykonania dalszych badań symulacyjnych kinematyki ruchu elementu wykonawczego siłownika wraz z odwzorowanym rygłem łącznikowym. Przedstawiono również wyniki badań ruchu elementu wykonawczego siłownika z wykorzystaniem sprzężonych symulacji elektrodynamicznych.

W rozdziale 5 i 6 została przez Autora zaprezentowana laboratoryjna wersja prototypu siłownika trójuzwojeniowego zaimplementowana w komercyjnym wyłączniku SN z napędem elektromagnetycznym. Przedstawiono tu badania fabrycznego układu sterowania oraz synchronizacji działania obu napędów wyłącznikowych (fabrycznego i opracowanego w ramach niniejszej rozprawy). Na podstawie powyższych badań pomiarowych, symulacyjnych i analitycznych przedstawiono następnie koncepcję napędu wyłącznika SN z opracowanym elektrodynamicznym siłownikiem trójcewkowym (rozdział 5), dla której wykonano badania wraz

z analizą w zakresie kinematyki ruchu jego zespołu napędowego (rozdział 6).

Każdy z rozdziałów 2-6 kończy się podsumowaniem prezentującym główne wnioski sformułowane na podstawie badań przedstawionych w danym rozdziale.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie rozprawy oraz propozycję kierunków badań umożliwiających dalszy rozwój badanego w niniejszej pracy siłownika, w celu wykorzystania go jako elementu elektrodynamicznego napędu łącznika szybkiego, oraz rozwoju własnych prac badawczych.

Struktura pracy jest ogólnie poprawna, chociaż fragmentami sprawia wrażenie nieco rozwlekłej, w szczególności w rozdziałach 5-6. Strona formalna pracy jest właściwa. Praca napisana jest dobrym językiem naukowo-technicznym. Należy stwierdzić na tej podstawie, że Autor rozprawy wykazała się umiejętnością pisania prac o charakterze naukowym.

Dla zrealizowania założonego programu interdyscyplinarnych badań teoretycznych i praktycznych Doktorant musiał opanować nowoczesne techniki badawcze głównie z zakresu informatyki, jak i aparatów elektrycznych stosowanych m.in. w elektroenergetyce, a sposób wywiązania się z, postawionych sobie, zadań badawczych świadczy o wystarczających naukowych kwalifikacjach Doktoranta. Wykonane przez autora interdyscyplinarne badania obejmowały obliczenia analityczne, prace modelowo-symulacyjne w zakresie analizy rozkładów pól elektromagnetycznych i kinematyki wykonywane z użyciem modeli polowych i modeli sprzężonych polowo-obwodowych, prace eksperymentalne na modelu fizycznym oraz w układzie komercyjnego wyłącznika. Tym samym, wykazał bardzo dobre przygotowanie teoretyczne i dużą zręczność zarówno w modelowaniu, jak i komputerowej symulacji rozpatrywanych zagadnień. Doktorant uzyskał zdolność samodzielnego prowadzenia badań, a także posiada umiejętność przedstawiania i komentowania uzyskanych wyników badań i analiz oraz formułowania wniosków. Niewątpliwie, Doktorant swoją rozprawą doktorską przyczynił się do rozwoju reprezentowanej przez siebie dziedziny nauki.

W rozdziale 1 rozprawy (str. 24) postawiono następującą główną tezę pracy **„Możliwe jest opracowanie trójcewkowego siłownika elektrodynamicznego o jednej ruchomej cewce, pozwalającego na uzyskanie w czasie krótszym niż 10 ms pełnego skoku styków łącznika o długości 15 mm i o podziałce międzybiegunowej nie większej niż 210 mm do zastosowania w napędach szybkich łączników średniego napięcia.”**

Recenzent uważa, że teza jest postawiona poprawnie, a nakreślony cel pracy jest wyczerpujący i zrozumiały. Celem naukowym prac badawczych przedstawionych w ocenianej rozprawie było opracowanie magnetostatyczno-mechanicznego obwodowo-polowego sprzężonego modelu symulacyjnego pozwalającego na przeprowadzenie badań ruchu elementu wykonawczego siłownika typowych dla łączników średnich napięć oraz badania laboratoryjne opracowanej trójcewkowej konstrukcji siłownika elektrodynamicznego. W świetle przedstawionych wyników rozprawy tezę można uznać za udowodnioną oraz cele pracy za osiągnięte zarówno na płaszczyźnie teoretycznej jak i praktycznej.

Spis literatury rozprawy doktorskiej zawiera 152 pozycji. W zdecydowanej większości pozycje literaturowe są stosunkowo nowe. Stwierdzam, że literatura została wybrana właściwie i jest w pracy wykorzystywana poprawnie, a analiza literaturowa zagadnienia została wykonana w sposób właściwy. Szkoda tylko, że Autor rozprawy nie uwzględnił najnowszych znaczących publikacji łódzkiej Szkoły Aparatowej z lat 2022-2025 dotyczących technologii szeroko rozumianych napędów indukcyjno-dynamicznych, które zostały szeroko zaimplementowane w rzeczywistości (*rozłączniki dla ochrony LHC w CERN, wyłączniki w Elektrycznych Zespołach Trakcyjnych*).

Dla zrealizowania założonego programu interdyscyplinarnych badań teoretycznych jak i eksperymentalnych Doktorant musiał opanować nowoczesne techniki badawcze głównie z zakresu informatyki, miernictwa jak i elektrotechniki, w szczególności techniki wysokich napięć, a sposób wywiązania się z postawionych sobie zadań badawczych świadczy o wystarczających naukowych kwalifikacjach Doktoranta. Doktorant uzyskał zdolność samodzielnego prowadzenia badań, a także posiada umiejętność przedstawiania i komentowania uzyskanych wyników badań i analiz oraz formułowania wniosków.

PB

Podsumowując, można stwierdzić, że mgr inż. Szymon Stoczko wykazał się zarówno wiedzą jak i umiejętnością prowadzenia pracy naukowej. W szczególności znajomość prac projektowych i eksperymentalnych, z wykorzystaniem nowoczesnych technik obliczeniowych i narzędzi badawczych jest niewątpliwą zaletą Doktoranta, godną podkreślenia.

3. Strona edytorska rozprawy

Rozprawa jest opracowana w sposób klarowny dla czytelnika z logicznym podziałem na rozdziały i podrozdziały ułatwiającym śledzenie toku rozumowania Autora. Druk i grafika komputerowa są czytelne. Na podkreślenie, z wyjątkiem nielicznych przypadków, zasługuje wystarczająca jakość materiałów ilustracyjnych. Z językowego punktu widzenia praca jest napisana poprawnie, stylem zwięzłym, rzeczowym i komunikatywnym. Korekta pracy jest bardzo staranną. Autor nie ustrzegł się od popełnienia kilku błędów redakcyjnych, edytorskich, interpunkcyjnych bądź nieprecyzyjnych sformułowań. Pojawiają się częste niepotrzebne powtórzenia sformułowań. Recenzent uważa jednak, że poziom edytorski rozprawy doktorskiej jest na dobrym poziomie, a przykładowe uwagi podane w uwagach szczegółowych i redakcyjnych nie umniejszają pozytywnie merytorycznej oceny uzyskanych w pracy wyników.

4. Zagadnienia dyskusyjne i uwagi krytyczne

- 1) Str. 14 – błędne oznaczenia uzwojeń otwierającego 6, zamykającego 3 i rdzenia 5 względem oznaczeń pod rys. 1.1.;
- 2) Str. 15 – wiersz 6-ty od góry – gdy obwód magnetyczny jest zamknięty to na zwoję działa siła „trzymania”, a nie siła „przyciągania”. Ponadto na rys. 1.1 nie pokazano omawianych układów ryglowania;
- 3) Str. 18 – wiersz 2-gi od góry – jakie są zasadnicze powody zastosowania kondensatorów elektrolitycznych;
- 4) Str. 19 – pierwszy akapit – mowa jest o sprawności – nasuwa się pytanie jak ta sprawność jest definiowana przez Autora?;
- 5) Str. 23 – 3-ci akapit – jaka jest definicja badanego „urządzenia”, czy sama cewka jest siłownikiem? W badanym urządzeniu w całym podsumowaniu autor jest zafascynowany jednym parametrem układu działającego na zasadzie odrzutu elektrodynamicznego, a mianowicie indukcyjnością cewki. Tymczasem, cewka ta jest zasilana z zasobnika energii – kondensatora o odpowiednio dużej pojemności, naładowanego do wymaganego napięcia? Pojemność z indukcyjnością cewki napędu tworzy układ oscylacyjny. A zatem czas trwania pierwszej półfali prądu wymuszającego odpowiednio duże przyspieszenie początkowe elementów ruchomych wyłącznika jest funkcją obu wyżej wymienionych wielkości. Dla wymaganych parametrów dynamicznych układu ruchomego zdecydowanie łatwiej dobrać wartość pojemności kondensatora niż konstruować cewkę na ściśle określonej wartości indukcyjności – autor prezentuje w tym miejscu dość karkołomne działanie;
- 6) Str. 49 – ostatnie zdanie – co jest właściwie „siłownikiem”? – gdzie jest definicja siłownika?, już to poruszono w uwadze 7;
- 7) Str. 50 – wiersz 4 i 5-ty od góry – czy doktorant może uzasadnić przyjęte założenie o braku ruchu w zakresie czasu do $T/4$?;
- 8) Str. 62 – zdanie pod rysunkiem 3.11. – w świetle wymienionych zalet konstrukcyjnych, proszę o porównanie niezawodności układu dwucewkowego i trójcewkowego;
- 9) Str. 63 – wiersz 4-ty nad równaniem 3.15 – jest mowa o ugięciu sprężyn dociskowych, tymczasem na rys. 3.14 brak przebiegu siły oporowej hamującej ruch organu ruchomego. Przy tak dużych przemieszczeniach wartość tej siły wzrasta, zaś siła napędowa zdecydowanie

PE

maleje. Jak więc uzasadnić praktycznie liniową zmianę drogi w końcowej fazie ruchu ($9 \div 0$) mm? Ponadto, szkoda, że Autor nie podał masy elementów ruchomych napędu;

- 10) Str. 76, 77, 78 (P.4.1.2.) – opis układu nazbyt rozwlekły, a rys. 4.5.b) pokazujący równoległe połączenie kondensatorów przewodami „nitkami”, w których płynie prąd rzędu setek amperów – czy tak jest faktycznie w połączonym układzie?;
- 11) Str. 93 – Tab. 4.3 – jawi się pytanie jak wyjaśnić, że 4-krotny wzrost energii zmagazynowanej w zasobniku kondensatorowym spowodował blisko 19-krotny wzrost energii kinetycznej elementów ruchomych napędu?;
- 12) Str. 93 – wiersz pod Tab. 4.3 – co to jest „orientacyjna wydolność impulsowa zastosowanej baterii kondensatorów”?;
- 13) Str. 94 – akapit pod rys. 4.20 – na czym polega wpływ mas ruchomych układu napędowego na częstotliwość drgań własnych obwodu zasilającego?;
- 14) Str. 95 – zdanie nad ostatnim akapitem – co to jest tzw. położenie martwe układu ryglowania?;
- 15) Str. 96 – Tab. 4.4 – brak komentarza do uzyskanych wyników – po prostu tak wyszło, ale czy tego się spodziewano?;
- 16) Str. 91–103 – dlaczego w tym zakresie stron brak jest oceny uzyskanych wyników i symulacji – kompletne zawierzenie „wielkiemu liczydłu”, bez nawiązania z teoretycznymi rozważaniami podanymi w początkowych paragrafach pracy?;
- 17) Str. 108 – ostatni wiersz – jaka jest tolerancja jednoczesności i jak ją uzyskano?;
- 18) Str. 114 – rys. 5.9.b) – jak Autor uzyskuje wypoziomowanie dysku siłownika szybkiego SIS?;
- 19) Str. 125 – rys. 6.9 – jaka jest dopuszczalna tolerancja dokładności montażu siłownika szybkiego SIS w każdym z biegunów?;
- 20) Jaka popularnością w wyłącznikach na średnie napięcia cieszy się napęd zastosowany w wyłączniku Tawrida?

Jednocześnie stwierdzam, że nie sprawdzałem poprawności przekształceń wzorów podanych w pracy.

5. Najważniejsze uwagi szczegółowe i redakcyjne

- 1) Str. 16 – wiersz 7-my od dołu – zbyt mało techniczna precyzja pisania, jak choćby sformułowanie „otwarcie „...przez zestaw sprężyn ściśniętych...” zamiast otwarcie „...siłami ściśniętych sprężyn...”,
- 2) Str. 17 – brak wyjustowania pierwszego akapitu w punkcie 1.2.2.,
- 3) Str. 18 – wiersz 3-ci od dołu – jest „ruchomej cewki”, a powinno być „nieruchomej cewki”,
- 4) Str. 23 – wiersz 4-ty od dołu – czy Autor miał na myśli prąd „wyłączany”, czy „wyłączalny”?;
- 5) Str. 49 – wiersz 2-gi nad rys. 3.1.a. – jest „gwiazdami”, a powinno być „kropami”,
- 6) Bibliografia – brak w kilku pozycjach tekstu „pp.” bądź zakresu numerów stron przy cytowanych publikacjach,
- 7) *Uwaga porządkowa dotycząca wzorów matematycznych oraz rysunków użytych w artykułach: żeby nie było wątpliwości, w następnych publikacjach, dobrym nawykiem dojrzałego naukowca jest oznaczać wzory i rysunki zaczerpnięte z literatury.*

Pozostałe drobne uwagi redakcyjne zostaną przekazane bezpośrednio Autorowi, przy najbliższej sposobności.

PB

6. Ocena ostateczna rozprawy

Rozprawa doktorska pt: *Trójcewkowy siłownik elektrodynamiczny do zastosowania w napędzie szybkim wyłącznika*, autorstwa mgr inż. Szymona Stoczko, stanowi ważną w zakresie poznawczym i teoretycznym pracę naukową o wystarczających cechach oryginalności. Doktorant wniósł dający się jednoznacznie wyodrębnić wkład w ważną dla nauki dziedzinę techniki projektowania układów stykowych i torów prądowych. Za najważniejsze samodzielne osiągnięcia Autora uważam:

- 1) wykonanie konstrukcji siłownika wraz z zasilaczem impulsowym,
- 2) wykonanie badań eksperymentalnych rzeczywistych obiektów w laboratorium SN,
- 3) opracowanie numerycznych modeli symulacyjnych zjawisk fizycznych, w tym:
 - wariantów konstrukcji uzwojeń cewek siłownika,
 - charakterystyki ruchowej wybranej konstrukcji siłownika, z wykorzystaniem sprzężonej symulacji obwodowo-polowej,
 - odwzorowania struktury cewek pod kątem magnetostatycznych symulacji polowych.

Na podkreślenie zasługują umiejętności Doktoranta w zakresie rozwiązywania pracochłonnych problemów interdyscyplinarnych, zdolność do interpretacji uzyskiwanych wyników oraz umiejętność pisania wniosków patentowych na podstawie modeli symulacyjnych oraz badań eksperymentalnych. Wskazuje to na ponad przeciętne przygotowanie teoretyczne Doktoranta w zakresie samodzielnego rozwiązywania trudnych problemów naukowych. Powyższa ocena wraz z podanymi pozytywnymi konstatacjami dotyczącymi celowości podjętej tematyki, zakresu i kompletności rozprawy, udowodnienia jej tez i osiągnięcia założonych celów pozwalają stwierdzić, że **recenzowana praca spełnia wszystkie wymagania ustawowe stawiane rozprawom doktorskim.**

W związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Szymona Stoczko nt. „*Trójcewkowy siłownik elektrodynamiczny do zastosowania w napędzie szybkim wyłącznika*” spełnia wymagania formalne określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595) wraz z późniejszymi zmianami.

Przedstawiona rozprawa doktorska mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (odpowiadającej dziedzinie nauk technicznych wg Rozporządzenia MNiSW z 2011 roku), w dziedzinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne (odpowiadającej dyscyplinie elektrotechnika wg Rozporządzenia MNiSW z 2011 roku).

Wnoszę przeto o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.



