



Wojskowa  
Akademia  
Techniczna



SEKRETARIAT  
Rady Dyscypliny AEEITK

30. 05. 2023

Wpłynęło dnia .....

Zarejestrowano pod nr .....

Podpis ..... *dm*

dr hab. inż. Krzysztof Falkowski  
Zakład Awioniki, Instytut Techniki Lotniczej  
Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa  
Wojskowa Akademia Techniczna

Warszawa, dn. 27.04.2023 r.

## RECENZJA

### rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Sikory pt. „Axial Active Magnetic Suspension System”

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny  
Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne  
dr hab. inż. Ryszarda SROKI, prof. AGH – pismo z dnia 03.03.2023 r.

#### 1. Ogólna, formalna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa została przedstawiona na 175 stronach maszynopisu i zawiera czternaście rozdziałów, spis treści, wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, streszczenie w języku polskim i angielskim, podsumowanie wyników oraz wykaz literatury. Podsumowanie zostało umieszczone w spisie treści jako rozdział czternasty. Wykaz literatury obejmuje 153 pozycje (artykuły, podręczniki i monografie).

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Sylwestra  
Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa  
NIP: 527-020-63-00, REGON: 012122900, www.wat.edu.pl

Autor rozprawy, w pierwszym rozdziale, skupił się na przedstawieniu swojej motywacji w kontekście realizacji pracy oraz przedstawił kierunki rozwoju aktywnych łożysk magnetycznych. W rozdziale omówiona została charakterystyka pracy oraz aktywność naukowa Autora. Kluczowym elementem rozdziału jest określenie celu rozprawy doktorskiej. Celem tym jest wykorzystanie osiowego łożyska magnetycznego złożonego z kilku nabiegunników do utrzymania w przestrzeni lewitującego obiektu (ang. axial active magnetic bearing with few poles pieces allows for setting the spatial orientation of the levitating object). W przypadku osiowego łożyska magnetycznego jest to bieżnia łożyska (kształt tarczy) zintegrowana z wirnikiem, który obraca się ze wskazaną prędkością obrotową.

Kolejny rozdział pracy przedstawia model zawieszenia różnicowego, w którym dwa elektromagnesy w konfiguracji antagonistycznej oddziałują na lewitującą masę (kulka). W układzie wykorzystany jest różnicowy siłownik elektromechaniczny, który ogranicza tylko jeden stopień swobody. Autor rozprawy przedstawia model takiego zawieszenia oraz prowadzi szeroką dyskusję nad problemem oddziaływania przez siłownik na masę, która wykonuje ruch boczny. Na podstawie analizy przeprowadzanej w tym rozdziale, Autor rozprawy wykazuje, że istnieje sprzężenie między sterowanym i niesterowanym stopniem swobody. Jednocześnie zwraca uwagę, że taki proces sterowania ma znaczący wpływ na zwiększenie natężenia prądu elektrycznego w cewkach i prowadzi do wzrostu temperatury. Szczegółowa analiza rozkładu temperatur i jej wpływ na model zawieszenia magnetycznego przedstawiona została w rozdziale trzecim dysertacji.

W rozdziale czwartym pokazane są wyniki badań nad elektromagnesami, które zostały wykonane w technologii druku 3D. Autor wykazał niewielką przydatność takiego rozwiązania, dlatego w dalszej analizie odrzucił przedstawione rozwiązanie. Kolejny rozdział dotyczy hybrydowego różnicowego osiowego łożyska magnetycznego. W konstrukcji wykorzystany został aktywny homopolarny siłownik osiowy, który jest wspomagany przez pasywne łożysko osiowe. W rozdziale omówiono nieparametryczny model matematyczny (model wyznaczany w środowisku Comsol Multiphysics) oraz ocenę parametrów zaprojektowanego siłownika różnicowego.

W następnym rozdziale przedstawiona została koncepcja osiowego łożyska magnetycznego z sześcioma nabiegunnikami. Autor rozprawy omawia konstrukcję cylindrycznych i trapezoidalnych nabiegunników. Natomiast w siódmym rozdziale

przedstawia wykonany model w środowisku Comsol Multiphysics zawieszenia magnetycznego w układzie jednostronnym i różnicowym. Model wykonano dla elektromagnesów cylindrycznych. Dodatkowo przeprowadzona została analiza rozkładu prądów wirowych indukowanych w tarczy łożyska osiowego. Kolejny rozdział porusza tematykę wpływu jakości wykonania zawieszenia magnetycznego na jego pracę. Błędy montażowe oraz wykonania kumulują się i mogą doprowadzić do błędnego działania układu, lub utrudnić jego uruchomienie. Autor zaproponował algorytm umożliwiający wykrywanie ustawienia bieżni łożyska osiowego.

W rozdziale dziewiątym przedstawiona jest konfiguracja stanowiska laboratoryjnego, która obejmuje zespół napędowy, jednostronne osiowe łożysko magnetyczne z sześcioma nabiegunnikami i wirnik z masą obciążającą. Wirnik umieszczony jest pionowo i sztywno połączony z bieżnią łożyska osiowego (tarczą). Stanowisko zostało dostosowane do montażu dodatkowych podpór promieniowych. Autor rozprawy rozważał użycie podpory aktywnej i pasywnej z magnesami trwałymi.

Następnie Autor rozprawy przedstawił model zawieszenia magnetycznego oraz przeprowadził weryfikację rozkładu pola magnetycznego. Analiza sprowadza się do oceny rozkładu zjawisk magnetycznych oraz ich weryfikację eksperymentalną. Wyznaczone właściwości magnetyczne zawieszenia stanowią podstawę zbudowania modelu uwzględniającego właściwości dynamiczne zawieszenia magnetycznego.

W rozdziale jedenastym dysertacji przedstawiona została konstrukcja pasywnego promieniowego łożyska magnetycznego. Autor omówił konfigurację zawieszenia magnetycznego tego typu i wykonał model nieparametryczny w środowisku Comsol Multiphysics. Przeprowadzane badania symulacyjne umożliwiły wyznaczenie nośności zawieszenia magnetycznego. Na podstawie opracowanego projektu, wykonano promieniowe zawieszenie magnetyczne, które zostało zintegrowane z zawieszeniem osiowym. Następnie wykonany system zawieszenia magnetycznego poddany został badaniom weryfikacyjnym.

W kolejnym rozdziale przedstawiono badania zaprojektowanego sześciobiegunowego aktywnego łożyska magnetycznego. Badania obejmują identyfikację położenia przestrzennego bieżni łożyska osiowego, wartości sił generowanych przez elektromagnesy, parametry cewek elektromagnesów oraz ich parametry dynamiczne. Ponadto określono właściwości cieplne zawieszenia magnetycznego oraz przeprowadzono badania z wykorzystaniem wzбудnika dynamicznego.

Rozdział trzynasty rozprawy przedstawia wyniki badań zrealizowanych na przygotowanym stanowisku laboratoryjnym. Badania koncentrują się na próbie wykazania wpływu układu sterowania osiowym aktywnym zawieszeniem magnetycznym na utrzymanie przestrzennego położenia tarczy, którą jest bieżnia łożyska magnetycznego. Ostatni rozdział pracy to podsumowanie, w którym Autor dysertacji przedstawił wnioski wypływające z poszczególnych rozdziałów rozprawy doktorskiej.

## **2. Ocena tematu i zakresu pracy**

Jednym z większych wyzwań naukowych jest opracowanie układów, które zapewniają współpracę pary kinematycznej bez kontaktu mechanicznego. Wyeliminowanie kontaktu mechanicznego skutkuje brakiem tarcia, które jest główną przyczyną negatywnych zjawisk takich jak zużycie współpracujących elementów, wydzielanie nadmiernych ilości ciepła, hałasu oraz obniżania sprawności energetycznej układów. Tarcie w układach tego typu ponosi odpowiedzialność za obniżenie niezawodności i bezpieczeństwa konstrukcji, co może mieć krytyczne znaczenia w kontekście wielu urządzeń np. silniki lotnicze.

Poszukiwanie nowych metod ograniczania tarcia we współpracujących parach kinematycznych, doprowadziło do opracowania wielu niekonwencjonalnych metod łożyskowania obrotowego i liniowego. Można doszukać się łożysk wykorzystujących sprężone powietrze (aerostatyczne), ciecze (hydrostatyczne), pole elektryczne (elektrostatyczne) i pole magnetyczne. Bardzo obiecującą technologią, szczególnie dynamicznie rozwijaną w latach dziewięćdziesiątych XX wieku były podpory i łożyska magnetyczne. Na potrzeby takich konstrukcji została opracowana i zweryfikowana teoria aktywnych zawiesznień magnetycznych, która stanowi podstawę prowadzenia badań w zakresie projektowania i sterowania aktywnymi magnetycznymi systemami łożyskowania. Ponieważ technologie aktywne natrafiły na poważne ograniczenia związane z zasadnością ekonomiczną (drogie systemy) oraz złożoną konstrukcją, to zaczęto rozwijać technologie pasywne, wykorzystując postęp technologiczny w pozyskiwaniu magnesów trwałych i nadprzewodników wysokotemperaturowych.

Pomimo wielu zalet, zawieszennia magnetyczne nie znalazły szerokiego zastosowania poza konstrukcjami specjalnymi, gdzie występują szczególne warunki pracy (np. wysoka próżnia, ciekłe gazy). Pod koniec XX wieku wielkie nadzieje wiązano z budową szybkich kolei magnetycznych, jednak i w tym obszarze nie uzyskano przełomu. Poza kilkoma liniami będącymi demonstratorami technologii, wdrożono odcinek takich kolei w Chinach i Japonii.

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Sylwestra  
Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

NIP: 527-020-63-00, REGON: 012122900, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl)

Dlatego nadal aktualnym problemem jest rozwijanie technologii zawiesznień magnetycznych, mających na celu wykorzystanie zalet jakie ta technologia posiada. Wydaje się, że kluczowe dla dalszego rozwoju zawiesznień magnetycznych jest postęp w inżynierii materiałowej i elektroenergetyce. Jednak dalsze badania powinny dotyczyć nowych konstrukcji, które wykorzystują różne konfiguracje sterowanych i niesterowanych (pasywne) źródeł pola magnetycznego, ich wzajemnej konfiguracji geometrycznej oraz nowe metody sterowania przepływem energii i strukturą. Dodatkowo, kluczowym obszarem jest prowadzenie badań nad nowymi układami, które będą dostosowane do wykorzystania węzłów łożyskowania magnetycznego. Obecnie, bardzo szkodliwym procederem jest traktowanie łożysk magnetycznych jako zamienników klasycznych łożysk tocznych i ślizgowych.

W świetle powyższego należy stwierdzić, że temat rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Bartłomieja Sikory oraz jej treść jest bardzo aktualna i potrzebna. Patrząc na krajowy dorobek w zakresie rozwoju tej technologii, aktywność naukowa jest bardzo ograniczana, a wysiłek pracowników badawczych jest rozproszony. Pojawiają się takie inicjatywy jak projekt polski Hyperloop (obecnie Noevomo - polska kolej magnetyczna). Pracownicy tej firmy na nowo odkrywają teorie zawiesznień magnetycznych zamiast korzystać z zasobów naukowych dostępnych w kraju. Brak jest spójnej współpracy nad tego typu projektami oraz wymiany doświadczeń, które pozwolą na rozwój technologii magnetycznej lewitacji i pozyskiwanie kompetencji w tym zakresie.

Autor rozprawy wykazał się dużą wiedzą i doświadczeniem w zakresie projektowania i badania zawiesznień magnetycznych. Czytając pracę, można zauważyć rozwój Pana mgr inż. Bartłomieja Sikory, który w kolejnych rozdziałach przedstawia pomysły i ich weryfikację. Szczególnie interesujące są konkluzje, w których Autor przyznaje się do lokalnych błędów i sugeruje podjęcie działań mających na celu poprawę konstrukcji. Wiele z tych cennych wyników potwierdza lub wskazuje drogi, które pozwolą na uniknięcie błędów przez innych pracowników badawczych.

### **3. Ocena rozprawy**

Do podstawowych zalet rozprawy pod względem wyboru metod, zakresu badań, opracowania i prezentacji wyników oraz badawczego wkładu Doktoranta zaliczam:

- a) podjętą tematykę,
- b) koncepcję aktywnego łożyska magnetycznego,

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Sylwestra  
Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

NIP: 527-020-63-00, REGON: 012122900, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl)

- c) koncepcję pasywnego łożyska magnetycznego,
- d) szczegółową ocenę parametrów konstrukcyjnych łożyska osiowego i ich wpływ na model zawieszenia magnetycznego,
- e) pomiary rozkładu temperatury w zaprojektowanym łożysku magnetycznym i jej wpływ na model zawieszenia magnetycznego,
- f) opracowanie programu badań,
- g) analizę i ocenę wyników przeprowadzonych badań symulacyjnych i eksperymentalnych,
- h) pracowitość Doktoranta i nakład włożonej pracy.

Recenzowana praca stanowi interesujące ujęcie problemu konstruowania wydajnych nowoczesnych układów łożyskowania magnetycznego. Poważnym problemem występującym w konstrukcji systemów łożyskowania wirników jest zapewnienie precyzyjnego ustawienia bazy pomiarowej, którą wyznaczają czujniki. System zawiesznień magnetycznych wirnika sztywnego składa się z dwóch łożysk promieniowych i jednego osiowego w układzie różnicowym. Taki system tworzy pięć różnicowych siłowników elektromagnetycznych (każdy składa się z dwóch elektromagnesów i dwóch wzmacniaczy). Przyjmując terminologię stosowaną przez Pana Bartłomieja Sikorę, układ taki posiada dwadzieścia nabiegunników. Układ nabiegunników wynika z konstrukcji heteropolarnej promieniowych łożysk magnetycznych i homopolarnej osiowego łożyska magnetycznego. W systemie wykorzystuje się pięć czujników do pomiaru położenia wirnika w szczelinie powietrznej. Błędne ustawienie bazy pomiarowej wyznaczonej przez czujniki może doprowadzić do nieprawidłowej pracy maszyny wirnikowej. Układy łożyskowania magnetycznego są tolerancyjne, a wirnik w stanie lewitacji potrafi ustawić swoją pozycję w lokalnym układzie odniesienia wyznaczanym przez bazę pomiarową. Jednak proces przemieszczania wirnika jest ograniczony przez szczeliny powietrzne, dlatego błędne ustawienie bazy pomiarowej prowadzi do utraty stabilności przez łożyska magnetyczne.

Zaproponowane rozwiązanie, zgodnie z założeniem Autora, powinno umożliwić utrzymanie w przestrzeni lewitującego obiektu (bieżni łożyska osiowego). Zadanie to realizuje zespół trzech elektromagnesów (sześć nabiegunników), które generują trzy składowe siły elektromagnetycznej. Układ ten obejmuje trzy jednostronne siłowniki elektromagnetyczne w układzie heteropolarnym. Przedstawione w rozprawie doktorskiej

rozwiązanie należy uznać za bardzo interesujące i nietypowe podejście do budowy systemu łożyskowania wirnika o pionowej osi obrotu.

Uważam, że osiągnięciem Autora jest aktywne łożysko magnetyczne, którego konstrukcja jest oryginalna w stosunku do powszechnie stosowanych homopolarnych osiowych aktywnych łożysk magnetycznych.

Rozprawa jest przygotowana bardzo starannie, z głęboką dbałością o szczegóły redakcyjne. Nie mam zastrzeżeń do strony redakcyjnej, można znaleźć w pracy kilka błędów stylistycznych, jednak ich ilość jest znikoma i nie wpływa w żadnym stopniu na jakość pracy. Autor rozprawy doktorskiej w pierwszym rozdziale wskazuje na modułowy układ pracy. Jednocześnie podkreśla walory tak przygotowanej rozprawy doktorskiej. W moim odczuciu każdy rozdział od drugiego do piątego stanowi niepowiązany tematycznie ciąg, w których Autor przedstawia problemy związane z projektowaniem i wykonywaniem zawieszek magnetycznych. Pozostałe rozdziały stanowią logiczny ciąg od sformułowania koncepcji osiowego zawieszenia magnetycznego do weryfikacji zaproponowanej konstrukcji.

Doktorant włożył wiele starań w przygotowanie szaty graficznej dysertacji oraz udokumentowanie wyników badań. Jednak mam uwagę co do jakości przygotowanych rysunków. Znaczna liczba zdjęć, przekrojów, wykresów, a w szczególności wyników uzyskanych metodą elementów skończonych jest mała i wręcz nieczytelna. Miałem trudności z odczytaniem opisów i wartości umieszczonych na wykresach. Nie byłem w stanie odczytać strzałek wskazujących kierunki przepływu strumieni. Kolejna uwaga dotyczy stosowanej notacji. Zauważyłem stosowanie oznaczeń, które nie były wyjaśnione, co znacznie utrudniało zrozumienie treści rozprawy.

Po lekturze rozprawy nasunęły mi się pewne uwagi dotyczące pracy. Uwagi te nie wpływają na moją ocenę, jednak prosiłbym Pana mgr inż. Bartłomieja Sikorę o uwzględnienie moich uwag w trakcie obrony oraz dalszej pracy nad rozwijaniem zaprezentowanej tematyki.

1. W rozdziale drugim rozprawy, Autor analizuje różnicowe zawieszenie magnetyczne. Z przeprowadzonej analizy wynika, że ruch kulki w płaszczyźnie ortogonalnej względem osi działania sił elektromagnetycznych wpływa na właściwości dynamiczne różnicowego siłownika elektromagnetycznego. W łożyskach promieniowych występuje sprzężenie między siłownikami spowodowane przesunięciem powierzchni walcowej wirnika pod czujnikiem,

Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Sylwestra  
Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

NIP: 527-020-63-00, REGON: 012122900, [www.wat.edu.pl](http://www.wat.edu.pl)

który mierzy odległość punktowo. Ruch taki dodatkowo powoduje zmianę reluktancji szczelin powietrznych, a nawet wymianę energii między siłownikami łożyska przez wspólne jarzmo. Jednak w łożyskach promieniowych takie oddziaływanie jest natychmiast kompensowane, ponieważ stosuje się dwa ortogonalnie rozmieszczone siłowniki. W łożysku osiowym, które zawsze jest homopolarne nie występuje problem sprzężenia jak to ma miejsce w heteropolarnym łożysku promieniowym. W związku z powyższym jakie jest praktyczne zastosowanie zaproponowanego podejścia oprócz demonstratora zjawiska, bo demonstratorem technologii tego bym nie określił?

2. Na rys. 5.2.a przedstawiona jest zależność zmiany wartości siły elektromagnetycznej w funkcji położenia bieżni łożyska. Z wykresu wynika, że wartość siły, a tym samym sztywność prądowa dla natężenia prądu 1 A jest większa niż dla 2 A. Proszę o wyjaśnienie.
3. W układzie hybrydowym (rozdział 5), proszę o wyjaśnienie jak rozwiązano montaż łożyska pasywnego, ponieważ dla przedstawionej konfiguracji zawieszenie pasywne będzie wprowadzać bardzo silne składowe radialne siły magnetycznej. Autor w podsumowaniu pisze o użyciu łożyska promieniowego, jednak w opisie stanowiska takowego nie zauważyłem.
4. W podrozdziale 6.1 Autor pisze o łączeniu szeregowym i równoległym cewek. W dalszej części pracy nie zaobserwowałem informacji o konfiguracji połączenia cewek. Proszę o wyjaśnienie jaki cel miało łączenie równoległe?
5. Nabiegunniki trapezowe utrudniają układanie uzwojeń. Wyraźnie widać taki stan rzeczy na rysunku 6.3.a. W dalszych badaniach numerycznych (rozdział 7) nie przeprowadzono analizy dla układu trapezowego. Natomiast w dalszej części dysertacji analizowane są siłowniki w układzie trapezowym (np. rozdział 10). Proszę o wyjaśnienie w jakim zakresie były wykorzystywane nabiegunniki trapezowe i cylindryczne?
6. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego w rozdziale 7 (Analiza metodą elementów skończonych) przedstawiona jest ocena układu różnicowego (podrozdział 7.3), który w dalszej części pracy został pominięty.
7. Autor dysertacji przedstawił obszerne badania wpływu temperatury na pracę zawieszenia magnetycznego. Dlatego proszę wyjaśnić, dlaczego nie wykonano



badan nagrzewania się bieżni łożyska. Na rysunku 7.13.b przedstawiony jest rozkład prądów wirowych dla częstotliwości 100 Hz. Przy sześciu biegunach zmieniających polaryzację odpowiada to prędkości około 1000 obr/min. Podana wartość prądów wirowych wynosi 1,4 A. Obawiam się, że takie rozwiązanie powoduje nagrzewanie tarczy, a tym samym może doprowadzić do jej odkształcenia, natomiast wysoka temperatura będzie wpływać na pracę zawieszenia.

8. Zastosowanie pasywnych promieniowych łożysk zbudowanych z magnesów trwałych w przedstawionej konfiguracji charakteryzuje się małym współczynnikiem tłumienia i nie zapewnia powtarzalnych właściwości mechanicznych i magnetycznych w pełnym zakresie obrotu wirnika. Zaproponowane rozwiązanie uważam za mało trafne. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego przyjęto taką konfigurację zawieszenia pasywnego?
9. Z przedstawionych w rozdziale 13 wyników nie wynika, że układ jest zdolny do kontrolowania położenia przestrzennego dysku. Czy oprócz utrzymania bieżni łożyska przewidziano tłumienie ruchów poprzecznych? Jak było weryfikowane pionowe położenie wirnika? Proszę sprecyzować, czy można położeniem tarczy łożyska osiowego sterować w zaproponowanym układzie?
10. Zaproponowane rozwiązanie jest bardzo złożone konstrukcyjnie i technologicznie. Autor dysertacji w wielu miejscach podkreśla wpływ jakości wykonania na prawidłową pracę zawieszenia magnetycznego. Przedstawiona konfiguracja łożyska jest bardzo trudna do sterowania. Ponadto w pracy, poza szczerkowymi informacjami, brak jest opisu układu sterowania trzema siłownikami łożyska osiowego. Proszę o przedstawienie, jak sterowane były poszczególne siłowniki.
11. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego zrezygnowano z układu różnicowego na rzecz jednostronnego, które jest nieliniowe i wymaga sterowania punktem pracy?
12. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego zastosowano układ heteropolarny zamiast homopolarnego wielobiegunowego? Konfiguracja heteropolarnego łożyska osiowego w maszynach wirnikowych nie jest stosowana właśnie ze względu na występowanie dużych wartości prądów wirowych.

13. Zaproponowana konstrukcja łożyska będzie bardzo droga. Dlatego proszę o uzasadnienie kosztu zastosowania zaproponowanego rozwiązania oraz wskazanie potencjalnych obszarów wykorzystania takiej konstrukcji aktywnego łożyska osiowego.

#### **4. Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę zakres i poziom recenzowanej pracy doktorskiej, przedstawione wyniki, badania eksperymentalne, jej bezpośredni związek z praktyką inżynierską oraz zaangażowanie Doktoranta i nakład włożonej pracy stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim wynikające z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2023 poz. 742) w Dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne (zgodnie z Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11 października 2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych - Dz.U. 2022 poz. 2202). Wniosuję zatem o dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Sikorę do publicznej obrony Jego rozprawy.

