

Poznań, dn. 2023-10-31

Dr hab. inż. Dorota Stachowiak
Politechnika Poznańska
Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań
dorota.stachowiak@put.poznan.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
dla Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej**

Tytuł rozprawy: Analiza zjawisk fizycznych w układach stykowych i torach prądowych podczas przepływu prądu znamionowego oraz zwarciovego

Autor rozprawy: mgr inż. Sebastian Łapczyński

Promotor: dr hab. inż. Łukasz Kolimas, profesor uczelni

Podstawą do sporządzenia niniejszej recenzji była Uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej z dnia 27 czerwca 2023. Recenzja została sporządzona zgodnie z zaleceniami przekazanymi przez Politechnikę Warszawską oraz zgodnie z art. 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 ze zm.).

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (cel i teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgra inż. Sebastiana Łapczyńskiego dotyczy modelowania zjawisk fizycznych występujących w układach stykowych oraz torach prądowych w warunkach znamionowych i zwarciovych w wybranych aparatach elektrycznych niskiego oraz średniego napięcia.

W rozprawie sformułowano cele obejmujące: zbadanie zjawisk fizycznych, które występują podczas normalnych warunków pracy i procesów łączeniowych aparatów elektrycznych w torach prądowych oraz układach zestykowych w czasie przepływu prądu znamionowego oraz zwarciovego; opracowanie numerycznych modeli symulacyjnych zjawisk na przykładzie konstrukcji wybranych aparatów elektrycznych i urządzeń rozdzielczych.

Autor pracy postawił następującą tezę *„W procesie analizy zjawisk fizycznych występujących w układach stykowych oraz torach prądowych możliwe jest wykorzystanie metody elementów skończonych w celu otrzymania wyników będących porównywalnymi, co do jakości oraz wartości z tymi, które zostały uzyskane na drodze rzeczywistego*

eksperymentu. Otrzymane w ten sposób modele zjawisk fizycznych pozwalają na optymalizację procesu projektowania konstrukcji układów stykowych oraz torów prądowych.” Doktorant jasno określił szczegółowy zakres pracy.

Uważam, że teza i cele rozprawy zostały prawidłowo sformułowane i są zbieżne z tematyką i zakresem rozprawy.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle?

Załączony wykaz literatury obejmuje 120 pozycji, jednakże bez autorstwa lub współautorstwa Doktoranta. Analiza źródeł literaturowych, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle została przeprowadzona z dużą starannością. Przedstawione źródła literaturowe są aktualne, obejmują szereg pozycji książkowych, artykułów naukowych oraz referatów konferencyjnych. Autor powołuje się zarówno na starsze prace z tematyki poruszanej w pracy, jak i na najnowsze pozycje literaturowe zarówno krajowe jak i międzynarodowe. Dobór literatury, a także przedstawiony przegląd wiedzy dotyczący stanu techniki układów stykowych oraz torów prądowych świadczy o dobrym rozpoznaniu tematyki przez Doktoranta i dowodzi jego dostatecznej wiedzy z zakresu merytorycznego rozprawy. Wnioski z przeglądu źródeł literaturowych sformułowano właściwie.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Głównym celem rozprawy było zbadanie zjawisk fizycznych, które występują podczas normalnych warunków pracy i procesów łączeniowych aparatów elektrycznych, w torach prądowych oraz układach zestykowych w czasie przepływu prądu znamionowego oraz zwarciovego. Autor w pierwszej kolejności dokonał przeglądu wiedzy dotyczącej stanu obecnego w zakresie techniki układów stykowych oraz torów prądowych w aparatach elektrycznych, przedstawił ich klasyfikację oraz rozwiązania konstrukcyjne. Omówił zjawiska fizyczne (elektryczne, termiczne oraz mechaniczne) występujące podczas przepływu prądów znamionowych oraz zwarciovych przez układy stykowe oraz tory prądowe. Następnie Doktorant opracował modele numeryczne dla wybranych aparatów elektrycznych tj.: wkładki topikowej, wyłącznika nadprądowego niskiego napięcia (NN), rozdzielnic NN, komory gaszeniowej wyłączników NN oraz układu stykowego wieńcowego średniego napięcia (ŚN). Opracowane numeryczne modele zostały wykorzystane do przeprowadzenia badań symulacyjnych. Badania te zrealizowano przy zastosowaniu komercyjnych systemów obliczeniowych wykorzystujących metodę elementów skończonych. Autor analizował rozkład pola temperaturowego, rozkład pola elektrycznego, gęstości prądu elektrycznego oraz potencjału elektrycznego. Ponadto, dla układu stykowego wieńcowego ŚN przeprowadził symulację dynamiki ruchu zestyku i analizował zjawiska mechaniczne. Wszystkie wyniki badań symulacyjnych poddano ewaluacji poprzez ich porównanie z wynikami badań eksperymentalnych. Badania eksperymentalne rzeczywistych układów aparatów

elektrycznych Autor zaplanował i wykonał w jednostkach badawczych, przy czym częściowo samodzielnie przygotował stanowiska badawcze.

Doktorant rozwiązał postawione zadania, zastosował właściwie metody badawcze, przeprowadził badania symulacyjne i eksperymentalne. Przedstawione wyniki teoretyczne jak i pomiarowe świadczą o poprawności analiz i użytych metod pomiarowych. **Podsumowując, uważam, że przyjęte w rozprawie założenia są poprawne i uzasadnione.**

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa cechuje się odpowiednim poziomem naukowym. Do najważniejszych, oryginalnych osiągnięć Autora zaliczam:

- opracowanie numerycznych modeli wybranych układów tj. wkładki topikowej, wyłącznika nadprądowego niskiego napięcia (NN), rozdzielnic NN, komory gaszeniowej wyłączników NN, układu stykowego wieńcowego średniego napięcia (ŚN) z reprezentacją graficzną w skali odpowiadającej obiektom rzeczywistym;
- przeprowadzenie badań symulacyjnych zjawisk elektrofizycznych ładunku elektrycznego jako cząstki płynu oraz zjawisk konwekcji cieplnej poprzez wykorzystanie modułu mechaniki płynów;
- wykonanie oryginalnych badań eksperymentalnych z wykorzystaniem własnoręcznie przygotowanych stanowisk badawczych;
- zaproponowanie modyfikacji konstrukcji dla wybranych aparatów lub ich elementów oraz doświadczalne określenie sensu tych modyfikacji w celu poprawy parametrów elektrycznych oraz mechanicznych aparatów;
- zaproponowanie koncepcji prototypowania oraz projektowania urządzeń, która w przyszłości może znacząco ograniczyć ilość generowanych odpadów, przyspieszyć proces projektowania oraz znacząco ograniczyć koszty produkcyjne i czas wdrożenia danego aparatu elektrycznego.

Na uwagę zasługuje także dobrze opanowana przez Doktoranta umiejętność formułowania wniosków na podstawie uzyskanych wyników symulacji i rezultatów badań eksperymentalnych. Recenzowana praca wnosi duży wkład w pogłębienie wiedzy w zakresie badania i analizy zjawisk fizycznych występujących w warunkach znamionowych jak i zwarciovych w aparatach elektrycznych.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Przedłożona rozprawa doktorska mgra inż. Sebastiana Łapczyńskiego liczy 230 stron. Składa się ze streszczenia, spisu treści, dziesięciu rozdziałów głównych, bibliografii, spisu rysunków i spisu tabel. Rozprawa została zredagowana w sposób jasny i przejrzysty oraz

odpowiednio zilustrowana. W trakcie zapoznawania się z treścią rozprawy nasunęło mi się kilka pytań i uwag o charakterze dyskusyjnym. Odpowiednie uwagi zamieściłam poniżej, w podziale na dwie części: uwagi krytyczne oraz uwagi redakcyjne.

Uwagi krytyczne

W ramach dyskusji poproszę Doktoranta o wyjaśnienie poniżej wymienionych uwag:

1. We wstępie Doktorant zwrócił uwagę, że „może również powołać się na prace naukowo inżynierskie wykonane podczas realizowania grantów związanych tematycznie z niniejszą rozprawą doktorską oraz na patenty aparatów elektrycznych opracowanych na Politechnice Warszawskiej, a następnie przyznanych” natomiast w spisie literatury nie znalazłam żadnej pracy Doktoranta – proszę o komentarz.
2. Autor na stronie 10 wymienił jako narzędzia MES systemy obliczeniowe, takie jak ANSYS, COMSOL czy SOLIDWORKS. Czy znane są Doktorantowi także inne równie powszechnie stosowane oprogramowania do symulacji takie jak np. narzędzia oferowane przez SIMCENTER czy SIMULIA?
3. Doktorant na stronie 59 zwraca uwagę na znaczący wpływ rezystencji zestykowej w przypadku układów stykowych, „Rezystancja zestykowa R_z jest podstawowym parametrem zestyku decydującym o jego obciążalności prądowej ciągłej i zwarciowej, a także i całego toru prądowego.” Czy Doktorant badał, jak zmienia się wartość rezystancji zestykowej w funkcji zmian temperatury i/lub siły docisku?
4. Na podstawie jakich badań Autor informuje na stronie 71, że zawartość grafitu (3 – 5% mas.) zmniejsza siłę szczepienia układu styków? Czy są to badania własne Autora, a jeśli tak to w jakim czasopiśmie / formie zostały opublikowane?
5. W podrozdziale 2.3 Doktorant omówił zjawiska fizyczne zachodzące w układach stykowych i torach prądowych. Dlaczego w rozprawie ograniczono się jedynie do badań eksperymentalnych oraz modeli numerycznych dotyczących w przeważającej większości analizy rozkładu temperatur w procesie nagrzewania?
6. W rozdziale trzecim Autor zwraca uwagę, że „Celem pracy jest również opracowanie numerycznych modeli symulacyjnych zjawisk na przykładzie konstrukcji wybranych aparatów elektrycznych i urządzeń rozdzielczych będących szczególnie narażonymi na oddziaływania fizyczne podczas przepływu prądu. Modele oddziaływań fizycznych tego typu mogą zostać wykorzystane w celu analizy konstrukcji układów stykowych oraz torów prądowych.” Czy Autor zbadał, dla jakiej wartości prądu następuje deformacja, a dla jakiej uszkodzenie rozpatrywanego elementu/układu?
7. Na stronie 92 Autor informuje, że: „Podczas badań eksperymentalnych wykonano i uzyskano wyniki dla dwóch serii pomiarowych (...) Pomiarów wykonywano każdorazowo dla 10 wkładek topikowych – po 5 wkładek na serię. Wyniki uzyskane dla prądu znamionowego 100 A były zbieżne porównując do siebie obydwie serie pomiarowe. Można więc było wyciągnąć wniosek, że wyniki prac empirycznych zostały potwierdzone przez symulacje i odwrotnie. Dodatkowo w celu sprawdzenia

różnych warunków przeprowadzono analizę termiczną dla prądów równych 110 A i 120 A. Wyniki empiryczne przedstawiono na Rysunku 4.3 poniżej.” Jeżeli wykonywano pomiary dla 5 wkładek na serię pomiarową, to dla których wkładek zestawiono wyniki w tabelach 4.2 i 4.3? Czy wyniki przedstawione na rysunku 4.3 dotyczą pomiarów temperatury dla jednej wkładki, czy są uśrednieniem wyników dla pięciu wkładek i/lub dwóch serii pomiarowych? Dlaczego nie wykonano odpowiedniej obróbki statystycznej wyników?

8. Czy dla przeprowadzonych badań eksperymentalnych określono niepewność pomiarową, a jeżeli nie, dlaczego?
9. Proszę o wyjaśnienie czy w podrozdziałach 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 i 8.5 sprzężona analiza numeryczna dotyczyła sprzężenia jedno- czy dwukierunkowego? Jeżeli rozpatrywano sprzężenie jednokierunkowe, proszę Autora o komentarz, jakie widzi on ograniczenia przy stosowaniu takiego podejścia?
10. Czy Doktorant może doprecyzować co oznacza „dynamiczny model numeryczny” (strona 101)?
11. Proszę o wyjaśnienie na jakiej podstawie Autor ocenił, że „Uzyskana zbieżność obliczeń poniżej 1% jest wynikiem zadowalającym dla tego typu symulacji...” (strona 113)?
12. Czy pomiary, których wyniki przedstawiono w rozdziale 5 (rys. 5.5, 5.7 i 5.9) wykonywane były jednorazowo, czy była to seria pomiarów?
13. Na czym polega zdaniem Autora „zaawansowana analiza sprzężona” (strona 123)?
14. W rozdziale szóstym na stronie 123 podano informacje „Po uwzględnieniu efektu naskórkowości, rezystancji zestyku, efektu zbliżenia występującego w obwodach prądowych oraz rezystywności materiału, z którego wykonane są obwody prądowe – możliwe jest wyznaczenie strat mocy czynnej zgodnie z prawem Joule'a”. Z uwagi na powyższe, czy Autor zbadał wpływ zjawiska naskórkowości i zbliżenia na temperaturę torów prądowych przemysłowej rozdzielnicy niskiego napięcia?
15. W rozdziale szóstym Autor napisał, że opracował model symulacyjny zjawisk fizycznych oraz cieplnych zachodzących podczas przepływu prądu przez tory prądowe w rozdzielnicach niskiego napięcia. Jakich dokładnie zjawisk fizycznych dotyczy opracowany model symulacyjny?
16. Proszę o wyjaśnienie sformułowania, które znajduje się na stronie 144 i 164 tj. „Moduł obliczeniowy CFD pierwotnie służył do symulacji przepływu płynów, stąd uzyskiwanie z niego wyników jest interpretacją zjawisk elektromagnetycznych.”
17. Dlaczego do symulacji nagrzewania torów prądowych rozdzielnicy niskiego napięcia Autor zdecydował się na zastosowanie dwuwymiarowego solver'a Fluent CFD, podczas gdy pozostałe moduły tj. Maxwell i Transient Thermal stosował dla ujęć trójwymiarowych?
18. W jakim celu do analizy i symulacji zjawisk elektrycznych komór gaszeniowych wyłączników niskiego napięcia zastosowano różne systemy obliczeniowe tj.

SOLIDWORKS, COMSOL i ANSYS? Dlaczego do symulacji rozkładu pola elektrycznego zastosowano oprogramowanie COMSOL, a do symulacji rozkładu temperatury program SOLIDWORKS, podczas gdy można było powyższe symulacje wykonać w jednym środowisku ANSYS?

19. Na stronie 196 Autor zwraca uwagę, że „*Niestety obecne środowiska obliczeniowe nie pozwalają na prowadzenie analiz jako jednej: analizy dynamiki ruchu połączeń wraz z przyłożonymi potencjałami i parametrami fizycznymi dotyczącymi wykorzystanych materiałów.*” Ponadto w odpowiedzi na zapytanie uzyskał informacje, że w Ansysie „...nie jest możliwe połączenie modułu szybkiej analizy *Explicit Dynamics* z analizą polem *ANSYS Maxwell 3D*”. Czy Doktorant zrobił rozeznanie możliwości symulacyjnych także innych systemów obliczeniowych, ponieważ aktualnie są dostępne programy umożliwiające sprzężenie analizy strukturalnej z polem elektromagnetycznym. Przykładowo, takie sprzężenie umożliwiają narzędzia SIMULII, a dokładnie program CST Studio Suite. Ponadto, w najnowszej wersji tego oprogramowania istnieje możliwość ko-symulacji zjawisk pomiędzy CST Studio Suite a Abaqus Explicit. Proszę o komentarz.
20. Autor do głównych swoich osiągnięć m.in. zaliczył „*przygotowanie symulacji numerycznych w środowisku MES, w tym zdefiniowanie warunków brzegowych, nastawienie odpowiednich warunków symulacji oraz otrzymanie wyników analizy dla wielu różnorodnych zjawisk fizycznych pokazujących skutki ekspozycji na przepływ prądu elektrycznego o różnych wartościach*”. Proszę Autora o doprecyzowanie, o jakie warunki brzegowe chodzi oraz wyszczególnienie analizowanych zjawisk fizycznych.
21. Proszę o podanie dalszych kierunków badań.

Uwagi redakcyjne:

Praca nie jest pozbawiona niedociągnięć natury edytorsko-stylistycznej. Poniżej przedstawiłam wykaz uwag dotyczących zauważonych uchybień i niejasności o charakterze redakcyjnym.

- W rozprawie brakuje standaryzacji w zapisie symboli wielkości fizycznych, ten sam symbol raz zapisany jest kursywą, a raz antykwą np. w tytule tabeli 2.1 symbole są zapisane kursywą podczas gdy już w samej tabeli antykwą.
- Na stronie 10, w drugim wersie od góry jest powtórzenie wyrazu „*pożądaną*”.
- Na stronie 15, na rysunku 2.3 przy oznaczeniu osi brakuje jednostek oraz rezystancja zestykowa „ R_z ” i siła docisku „ F_k ” powinny być zapisane kursywą.
- Na stronie 25, w tekście nie znalazłam powołania na rysunek 2.8b.
- W rozprawie brakuje cytowania źródeł wzorów, np. (1), (2), (13), (14), (15), (16), (17), (18), (25), itd..
- Na stronie 39, na rysunku 2.14 brak oznaczenia osi.
- Na stronie 40, czwarty wers od dołu niefortunne sformułowanie „*pokazuje Rysunek 2*”.

- Na stronie 45 w opisie zależności (11) występuje P_p moc cieplna, której nie ma w tej zależności.
- Na stronie 47, brak konsekwencji w oznaczeniu liczby Reynoldsa w drugim wersie od góry „ R_a ”, w zależności (18) „ R_e ”.
- Na stronie 47 wprowadzono oznaczenie A zależność (20) tymczasem na stronie 40, jako A przyjęto obwód toru prądowego.
- Na stronie 50 nie podano objaśnienia po raz pierwszy użytego skrótu SF6, dopiero w dalszej części rozprawy, na stronie 71, podano rozwinięcie.
- Na stronie 55 w zależności (45) do oznaczenia konduktywności użyto symbolu δ , natomiast w opisie użyto już symbolu γ .
- Na stronie 58 współczynnik zbliżenia k_z błędnie opisano jako współczynnik naskórkowości.
- Na stronie 59, drugi wers od dołu, jest „...do grubości styków t ...” oraz w opisie zależności (51) jest „ t – grubość styku” tymczasem t w innych częściach rozprawy to symbol czasu.
- Na stronie 64 w podpisie zależności (58) F_{doc} to siła docisku styków, ale w podpisie zależności (53) siła docisku styków to F_k .
- Na stronie 68 w opisach zależności (64) i (65) występuje h jako długość kolumny łukowej, której nie ma w tych zależnościach.
- Na stronie 73 powtórzono zależność (66), natomiast powinien być zamieszczony przedział wartości częstotliwości.
- Na stronie 76 znajduje się powtórzone zdanie „Wzajemne odpychanie się styków na skutek działania sił elektrodynamicznych zostało przedstawione na Rysunku 2.29 poniżej.”
- Na stronie 77, na rysunku 2.30b przy oznaczeniu osi brakuje jednostek.
- Na stronie 88 w opisie równań (71-74) występuje powtórzenie „ J – całkowity wektor gęstości prądu elektrycznego”.
- Na stronie 107, na rysunku 5.4 brak oznaczenia osi.
- Na stronie 132, w tytule tabeli 6.1 jest „w formie numerycznej” zapewne Autorowi chodziło o stabelaryzowaną.
- Na stronie 134 jest niefortunne sformułowanie „W analizie Maxwell 3D solver wykorzystał...”, podobnie na stronie 138 „Oprogramowanie ANSYS Maxwell 3D zdołało załadować...”.
- Na stronie 138 jest błędny tytuł tabeli 6.4.
- Na stronach 151 i 152 brakuje objaśnień użytych symboli (rysunek 7.2 i 7.3).
- Na stronie 159 znajduje się powtórzone zdanie „wymiary komory gaszeniowej – 13 płytek: 14 x 19,7 x 18 mm”.
- Na stronie 159, czwarty wers od dołu jest błędne powołanie na rysunek 7.6 powinno być na rysunek 7.7.
- Na stronie 164, jest błędne powołanie na rysunki 7.10 i 7.11 powinno być 7.11 i 7.12.
- Na stronie 193 jest niefortunne sformułowanie „Rysunek 8.28 przedstawia...”.
- W rozprawie brakuje spisu wykorzystywanych w pracy symboli i oznaczeń, taki spis pozwoliłby uniknąć licznych, zdublowanych oznaczeń symboli wykorzystywanych we wzorach.

- W rozprawie w kilku miejscach użyto wyrazu „ilość” do określenia rzeczy policzalnych np. „ilość torów prądowych”, „wokół ilości od 12 do 16 sztuk w komorze gaszeniowej”, „Ostateczna ilość elementów siatki” itd.
- Czytelność rysunków, na których przedstawiono wykresy temperatur, mogłaby być lepsza, przykładowo rysunki 4.3, 5.5, 5.7, 5.15, 5.18, 5.21, itd. Proszę Doktoranta o uwzględnienie tej uwagi podczas obrony.
- W pracy występują niewielkie uchybienia w użyciu znaków interpunkcyjnych tj. brak kropek na końcu zdania, brak przecinków, nadmiarowe użycie przecinków.
- W rozprawie występują również drobne błędy językowe, literówki, niezręczne sformułowania nieistotne dla jej oceny oraz liczne błędy typograficzne, szczególnie sieroty. Wszystkie dostrzeżone błędy redakcyjne zaznaczyłam bezpośrednio w dysertacji.

6. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Tematyka poruszana w pracy jest aktualna i ważna zarówno z naukowego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Wyniki badań przedstawione przez mgr inż. Sebastiana Łapczyńskiego są wartościowe przede wszystkim z poznawczego punktu widzenia. Ze względu na zakres i podjętą problematykę rozprawa stanowi wstęp i wytycza kierunki dalszych badań związanych z projektowaniem układów energoelektrycznych, zwłaszcza aparatów elektrycznych i urządzeń rozdzielczych.

7. Wniosek końcowy

W przedłożonej rozprawie mgr inż. Sebastian Łapczyński przedstawił oryginalne i wartościowe osiągnięcie naukowe. Wykazał się odpowiednią wiedzą teoretyczną oraz umiejętnością prowadzenia badań naukowych. Realizując cel pracy umiejętnie wykorzystał nowoczesne oprogramowanie pozwalające na polowe ujęcie zjawisk fizycznych zachodzących w układach stykowych i torach prądowych podczas przepływu prądu znamionowego oraz zwarciovego, a także zrealizował oryginalne badania eksperymentalne. Doktorant potrafi samodzielnie i poprawnie rozwiązywać trudne problemy naukowe i logicznie przedstawiać wyniki swoich badań.

Uważam, że opiniowana rozprawa przedstawiona w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 ze zm.).

W związku z powyższym wnioskuję o przyjęcie przez Radę Naukową Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej rozprawy pt. „Analiza zjawisk fizycznych w układach stykowych i torach prądowych podczas przepływu prądu znamionowego oraz zwarciovego” jako pracy doktorskiej i dopuszczenie jej Autora mgr inż. Sebastiana Łapczyńskiego do publicznej obrony pracy.

Dorota Stechowick