

Luboszyce, 24 kwiecień 2019

Prof. dr hab. inż. Tomasz BOCZAR,  
Politechnika Opolska  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Instytut Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej  
Katedra Odnawialnych Źródeł Energii



## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława Tadeusza Gościńskiego  
pt. *„Narzędzie służące do obliczania pola temperaturowego  
transformatora energetycznego na etapie jego projektowania”*

### Podstawa formalna wykonania recenzji:

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie prof. dr hab. inż. Zbigniewa Nadolnego Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej, zgodnie z uchwałą Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej, z dnia 26 lutego 2019 r.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Zbigniew Nadolny, a promotorem pomocniczym dr inż. Bolesław Bródka.

### 1. Ocena aktualności podjętej tematyki, cel i zakres rozprawy

Obecnie, w warunkach konkurencyjnego rynku energii elektrycznej stawiane są przez jej użytkowników coraz większe wymagania, które dotyczą jakości, a przede wszystkim gwarancji ciągłości jej dostarczania. Stąd, w sposób bezpośredni wynika potrzeba zapewnienia niezawodności pracy wszystkich urządzeń wchodzących w skład systemu elektroenergetycznego. W szczególności dotyczy to jednostek transformatorowych o dużych mocach znamionowych, których koszt wyprodukowania jest stosunkowo wysoki i których awarie powodują znaczne straty finansowe, związane nie tylko z kosztem ich ewentualnej naprawy, ale również z nieplanowaną przerwą w dostawach energii elektrycznej. Dlatego, w ostatnich latach notuje się dynamiczny rozwój metod diagnostycznych i układów kontrolujących pracę transformatorów, w sposób ciągły w systemie on-line, podczas ich normalnej eksploatacji w warunkach przemysłowych. Widoczny jest także znaczący postęp w zakresie projektowania nowych jednostek w obszarze elektrycznym, mechanicznym i cieplnym, przy wykorzystaniu coraz bardziej wysublimowanych oraz zaawansowanych obliczeniowo, specjalistycznych programów komputerowych. Należy jednak przy tym zaznaczyć, że skuteczność ich stosowania w dużym stopniu zależy od poprawnie dobranych wartości parametrów wejściowych. Dotyczy to także obliczeń cieplnych bazujących na estymacjach z wykorzystaniem zadanych wartości współczynników charakterystycznych. Ich właściwy wybór może decydować o dokładności dokonanych obliczeń i w konsekwencji o czasie bezawaryjnej pracy projektowanego transformatora.

Głównym zamierzeniem rozprawy doktorskiej mgr inż. P. Gościńskiego było wykonanie kompleksowej analizy procesów cieplnych, jakie mogą zachodzić w transformatorach z izolacją papierowo-olejową. Przy czym, szczególna uwaga została poświęcona problematyce związanej z wymianą ciepła w cieczy elektroizolacyjnych, głównie na drodze konwekcji naturalnej, występującej w pracujących w systemie



elektroenergetycznym jednostkach transformatorowych. W wyniku przeprowadzonych studiów literaturowych, Doktorant wykazał konieczność wykonania badań laboratoryjnych, zmierzających do określenia wpływu szeregu zdefiniowanych czynników, na wartość współczynnika przejmowania ciepła –  $\alpha$ . Jego wartość ma podstawowe znaczenie dla uzyskania prawidłowych wyników obliczeń spadków temperatury na drodze rozchodzenia się ciepła i modelowanych numerycznie rozkładów pól temperaturowych, co w konsekwencji może przyczynić się do optymalizacji procesów starzeniowych zachodzących w systemach izolacyjnych transformatorów oraz wydłużenia czasu ich bezawaryjnej eksploatacji. Ponadto, wyznaczenie rzeczywistych przyrostów i rozkładów temperatury, które zależą od stopnia obciążenia danego transformatora, mogą zostać wykorzystane dla potrzeb dalszej optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych, a także stosowanych układów chłodzenia. Zagadnieniom tym została poświęcona recenzowana dysertacja. Przedstawiona rozprawa wpisuje się zatem w ogólny trend związany z doskonaleniem metod wykorzystywanych dla potrzeb obliczeń numerycznych związanych z wyznaczaniem wielkości wydzielanej energii cieplnej, przy czym dotyczy to zarówno normalnej eksploatacji transformatorów elektroenergetycznych, jak również warunków przeciążeniowych.

**Reasumując, podjęta w rozprawie problematyka jest aktualna, ważna merytorycznie, ma duże znaczenie naukowe i poznawcze, a przede wszystkim może znaleźć techniczną implementację w procesie projektowania pod kątem cieplnym transformatorów elektroenergetycznych.**

## 2. Charakterystyka rozprawy

Przedłożona rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Gościńskiego liczy 87 stron zwartego tekstu. Składa się z ośmiu rozdziałów głównych, spisu wykorzystanych w pracy symboli, streszczeń w języku polskim i angielskim oraz spisu literatury zawierającego 73 pozycje, w tym cztery, jakich Doktorant jest współautorem (poz. 26, 43, 44, 45), który został usystematyzowany według kolejności cytowanych pozycji w tekście. Przygotowany przegląd obejmuje szereg pozycji książkowych, które stanowią obecnie już klasyczne podręczniki akademickie, autorstwa m.in. profesorów E. Jezierskiego, Z. Flisowskiego S. Wiśniewskiego, czy Z. Gacka, adresy stron internetowych, normy krajowe, katalogi i dokumenty techniczne, referaty konferencyjne oraz artykuły naukowe, w tym 12 anglojęzycznych.

Spis cytowań literaturowych został przygotowany rzetelnie pod względem merytorycznym jest poprawnie zredagowany i w mojej ocenie jest wystarczający. Tym niemniej uważam, że Doktorant powinien zapoznać się z rozprawą doktorską obronioną w 2018 r. na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej pt. „Wykorzystanie metod optycznych w diagnostyce izolacji transformatorów dużej mocy”, której autorem był mgr inż. Arkadiusz Kulik, a jej promotorem dr hab. inż. Sebastian Borucki, prof. PO. Jej tematyka dotyczy zagadnień związanych z określeniem możliwości zastosowania metody optycznej pomiaru temperatury w diagnostyce izolacji transformatorów dużej mocy, bazującej na obliczeniu, a następnie na wskazaniu punktów, w których należy umieścić optyczne czujniki pomiaru temperatury w uzwojeniach transformatora, aby zapewnić skuteczne odwzorowanie rzeczywistego stanu termicznego jego części aktywnej. W opracowanym spisie literatury również znajduje się kilka ciekawych pozycji, z którymi Doktorant mógłby się zapoznać.

Natomiast w zakresie edycyjnym mam tylko kilka drobnych uwag, tj.: w kilku pozycjach brak przecinków oddzielających miejsce i rok wydania (np. poz. 14, 18, 50), w miejsce wyrazu „strony” można było zastosować skrót „str.”, który w kilku przypadkach jest przez Doktoranta wykorzystywany, w kilku publikacjach zagranicznych brak jest skrótu



pp. (np. poz. 60, 61, 62), numerów stron (np. poz. 51) lub spacji po kropce w oznaczeniu p. (np. poz. 65, 66), brak jest konsekwencji w przytaczaniu pierwszych liter imion autorów - w pozycjach polskich jest po nazwisku, a w anglojęzycznych przed nazwiskiem, brak jest numeru wydawniczego monografii (np. poz. 28, 56). Na podkreślenie zasługuje także jednolity sposób opisu poszczególnych cytowań i ich przytaczania w tekście rozprawy. Przy czym, w przypadku cytowania kilku pozycji jednocześnie, po przecinku oddzielającym kolejne numery umieszczone w nawiasie kwadratowym, powinien być wstawiony znak spacji. Dodatkowo, poz. 7 i 38 to ten sam artykuł, mając na uwadze jego autorów, tytuł i informacje bibliograficzne, natomiast jedyna różnica dotyczy numerów stron ? Ponadto, z opisu poz. 47 nie wynika, kto jest autorem opracowania i jaki ma ono charakter, można przypuszczać, że jest to cytowanie internetowe, mając na uwadze przytoczoną datę dostępu. W poz. 46 brak jest daty wydania.

Rozdział **pierwszy** stanowi ogólne, przedstawione w sposób bardzo syntetyczny (2/3 strony formatu A4) wprowadzenie do zaproponowanej w rozprawie tematyki. W rozdziale tym Doktorant przedstawił potencjalne konsekwencje przyjęcia na etapie projektowania transformatora elektroenergetycznego stałej i z góry określonej wartości współczynnika przejmowania cieczy izolacyjnej –  $\alpha$ , a także zwrócił uwagę na szereg czynników i parametrów, od których wartość ta zależy, co stanowiło genezę podjętych w rozprawie prac naukowo-badawczych. W tym miejscu, powołując się na dostępną literaturę, należało podać adekwatne cytowania publikacyjne.

Rozdział **drugi** składa się z pięciu podrozdziałów, obejmujących w sumie 34 strony maszynopisu, w których Doktorant, w oparciu o dokonany przegląd doniesień literaturowych, scharakteryzował wszystkie zagadnienia teoretyczne, jakie były niezbędne dla potrzeb sformułowania tezy rozprawy oraz wykonania części pomiarowej dysertacji.

W rozdz. 2.1, w którym podjęto problematykę rozkładu pola temperaturowego w transformatorze elektroenergetycznym, Doktorant zacytował m.in. szereg zależności matematycznych umożliwiających wyznaczenie wartości start obciążeniowych i jałowych, jakie mogą występować w transformatorze elektroenergetycznym, a które stanowią podstawowe źródła wydzielanego ciepła. Ponadto zostały opisane wzory, na podstawie których można wyznaczyć spadki temperatury, jakie powstają na drodze rozchodzenia się ciepła w jednostkach transformatorowych oraz scharakteryzowano wykorzystywane obecnie metody ich chłodzenia. Zwrócono przy tym szczególną uwagę na współczynnik przejmowania ciepła –  $\alpha$  i czynniki, jakie mogą mieć wpływ na jego wartość.

W rozdz. 2.2 Doktorant scharakteryzował możliwe konsekwencje i potencjalne skutki, jakie może wywołać podwyższona wartość temperatury w transformatorze. Przy czym, zostały przedstawione zagrożenia, które mogą wystąpić praktycznie w każdej części konstrukcyjnej jednostki transformatorowej. Szczególną uwagę w tym zakresie zwrócono na przyspieszenie procesów starzeniowych i degradacyjnych układu z izolacją papierowo-olejową, mających bezpośrednie przełożenie na skrócenie potencjalnego czasu ich bezawaryjnej eksploatacji. Dodatkowo, Doktorant wskazał na kilka aspektów pozytywnych, jakie może powodować podwyższenie temperatury w transformatorze.

W rozdz. 2.3 Doktorant skupił swoją uwagę na problematyce projektowania jednostek transformatorowych pod kątem zagadnień cieplnych. Zostały scharakteryzowane profesjonalne programy komputerowe, tj. ANSYS CFX oraz COMSOL Multiphysics, które są obecnie powszechnie wykorzystywane m.in. do symulacji rozkładów pól temperaturowych, podając przy tym przykłady przeprowadzonych obliczeń numerycznych dla modelu transformatora energetycznego, które w sposób szczegółowy zostały omówione w dwóch zacytowanych artykułach, jakich Doktorant był współautorem. Dodatkowo, duża część podrozdziału została poświęcona ocenie potencjalnego wpływu wielu czynników



zewnętrznych na wartość współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ , które zostały następnie zbadane w ramach realizacji pracy doktorskiej.

Tematyka podjęta w rozdz. 2.4 dotyczy problematyki pomiarów współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ . W szczególności, Doktorant omówił zasadę rejestracji i przedstawił schemat ideowy stanowiska laboratoryjnego wykorzystywanego w Katedrze Techniki Ciepłej Politechniki Poznańskiej do wyznaczania współczynnika  $\alpha$  na powierzchni walca w warunkach konwekcji swobodnej powietrza.

Natomiast rozdz. 2.5 stanowi syntetyczne podsumowanie informacji i analiz przedstawionych w rozdz. 2.1-2.4.

Moim zdaniem, bardziej poprawny pod względem stylistycznym byłby tytuł rozdziału drugiego w postaci np.: „*Przegląd doniesień literaturowych dotyczących podejmowanej tematyki ...*” niż „*Wprowadzenie w oparciu o literaturę*”.

W rozdziale **trzecim** Doktorant sformułował tezę swojej rozprawy doktorskiej. Przy czym, w mojej ocenie wymaga ona przeredagowania. W obecnej formie istnieje bowiem obiektywna trudność w jednoznacznym jej odczytaniu i poprawnej interpretacji. Najczęściej teza/zy rozprawy jest/są wskazywane jako odrębny akapit mówiący, co w danej rozprawie będzie udowodnione, przy danych założeniach lub ograniczeniach. Sugerowałbym aby podczas publicznej obrony Doktorant spróbował przeredagować zaproponowaną tezę, bez odniesień do cytowań literaturowych i numerów podrozdziału, bazując przy tym na ostatnim akapicie dysertacji (str. 82).

Natomiast w rozdziale **czwartym** został określony główny cel rozprawy oraz zakres prac, jakie zostały przeprowadzone w ramach jej realizacji, które zostały w mojej ocenie prawidłowo i w sposób jednoznaczny oraz czytelny sformułowane.

Uważam, że rozdziały **trzeci** i **czwarty** powinny być połączone w jeden wspólny rozdział, zatytułowany np. „*Teza, cel i zakres pracy*” (w sumie po połączeniu ich objętość stanowiłyby mniej niż 1,5 strony A4 tekstu).

W rozdziale **piątym** Doktorant scharakteryzował cztery badane oleje elektroizolacyjne, które są obecnie wykorzystywane w transformatorach elektroenergetycznych, tj. kolejno: olej mineralny (Nynas Draco), ester naturalny (Envirotemp FR3), ester syntetyczny (Midel 7131) oraz ester syntetyczny o obniżonej lepkości (Nomex 970FLD). W mojej ocenie tytuł tego rozdziału „*Obiekty badań*” może sugerować, że będzie dotyczył obiektów czyli raczej „przedmiotów” (Słownik Języka Polskiego) czyli ciał stałych niż olejów transformatorowych. Poprawniej można było go zatytułować np.: „*Charakterystyka badanych cieczy czy olejów elektroizolacyjnych*”.

Rozdział **szósty** poświęcony jest charakterystyce autorskiego układu pomiarowego, który został wykorzystany w części badawczej dysertacji. Opracowany układ umożliwia wyznaczanie wartości współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$  dla badanych cieczy elektroizolacyjnych i został opracowany na podstawie modyfikacji układu wykorzystywanego w Katedrze Techniki Ciepłej do pomiarów konwekcyjnego współczynnika przejmowania ciepła na powierzchni walca w warunkach konwekcji swobodnej.

W rozdziale **siódmym**, który składa się z sześciu podrozdziałów, omówiono wyniki analiz przeprowadzonych pomiarów współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ . Rozdział ten uważam za najważniejszy w dysertacji. W rozdz. 7.1 w celach porównawczych w postaci zbiorczych zestawień tabelarycznych, przedstawiono wartości współczynnika  $\alpha$ , które uzyskano kolejno w zależności od rodzaju cieczy izolacyjnej, wartości obciążenia cieplnego powierzchni schładzanej na elemencie grzejnym, miejsca na elemencie grzejnym i długości elementu grzejnego, oddzielnie dla położenia pionowego (Tab. 7.1) i poziomego (Tab. 7.2) elementu grzejnego względem ziemi. W rozdz. 7.2 zaprezentowano w postaci zestawień graficznych wyniki pomiarów współczynnika  $\alpha$  w zależności od rodzaju zastosowanego oleju izolacyjnego. W analogiczny sposób przedstawiono rezultaty otrzymane przy zmianach



obciążenia cieplnego powierzchni schładzanej dla trzech wartości  $q$  (rozdz. 7.3), dla dwóch położań (pion, poziom) powierzchni schładzanej względem ziemi (rozdz. 7.4), w zależności od miejsca wyznaczania współczynnika  $\alpha$  na elemencie grzejnym (rozdz. 7.5) oraz w zależności od długości elementu grzejnego (rozdz. 7.6).

Na podstawie uzyskanych i szczegółowo omówionych w rozprawie wyników Doktorant sformułował szereg wniosków zarówno o charakterze szczegółowym, jak również ogólnym, które przedstawił w rozdziale ósmym. Stanowią one potwierdzenie założonej w rozprawie tezy. W podsumowaniu brakuje mi wskazania przez Doktoranta propozycji kierunków kontynuacji zapoczątkowanych w doktoracie prac naukowo-badawczych, jak również odniesienia się do genezy podjętych prac związanych z zapotrzebowaniem na uzyskane wyniki przez jedną z firm projektujących transformatory elektroenergetyczne.

**Reasumując, zaproponowany układ pracy jest czytelny, a kolejne rozdziały tworzą logiczną całość, podjęte w rozprawie zagadnienia zostały jednoznacznie sprecyzowane i w mojej ocenie mają rangę naukową odpowiadającą rozprawom doktorskim.**

### 3. Główne osiągnięcia rozprawy

**Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta zaliczam:**

- przeprowadzenie wnikliwych studiów literaturowych dotyczących przede wszystkim problematyki wyznaczania rozkładów pól temperaturowych;
- zaprojektowanie stanowiska laboratoryjnego do wyznaczania wartości współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ ;
- wykonanie wielowariantowych pomiarów w warunkach laboratoryjnych wartości współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ , z zastosowaniem układu pomiarowego i metodyki opracowanych przez Doktoranta;
- przeprowadzenie analiz, na podstawie których określono wpływ szeregu czynników na wartość współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ , w szczególności dotyczy to: rodzaju cieczy izolacyjnej, wartości obciążenia cieplnego powierzchni schładzanej na elemencie grzejnym, miejsca na elemencie grzejnym i długości elementu grzejnego oraz położenia elementu grzejnego względem ziemi.

**W moim przekonaniu, przedstawione wyżej osiągnięcia Doktoranta uzasadniają Jego kompetencje naukowe i rekomendują Go do stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej elektrotechnika.**

### 4. Uwagi do rozprawy

Uwagi i zastrzeżenia dotyczące ocenianej rozprawy podzieliłem na trzy grupy:

- pytania merytoryczne (8),
- uwagi merytoryczne (3)
- uwagi redakcyjne.

#### 4.1 Uwagi merytoryczne

1. W dysertacji brak jest jakiegokolwiek opisu błędów i niedokładności pomiarów, wynikających z zastosowanej metody i układu pomiarowego, a na wykresach zaprezentowanych w rozdz. 7 brakuje zaznaczenia niepewności pomiarów, która może



wpływać na właściwą ocenę badanych zjawisk. Jeżeli nie było możliwe przeprowadzenie wystarczającej liczby pomiarów tak, aby określić rozkład gęstości prawdopodobieństwa, odchylenie standardowe lub inny parametr wyznaczony metodą typu A, to należało wykorzystać dane podawane w specyfikacji zastosowanych przyrządów pomiarowych. Jak zatem należałoby oszacować czułość i dokładność proponowanej przez Autora metody?

2. Doktorant w rozdz. 2.3 i 2.5, opisując programy ANSYS CFX oraz COMSOL Multiphysics, pisze m.in. „... o pewnych niedogodnościach wiążących się z ich użytkowaniem (np. czas wykonania symulacji)...” oraz zwraca uwagę, że: „... wymagają szybkich i pojemnych maszyn liczących ...”, prosi o skonkretyzowanie tych informacji, poprzez podanie porównawcze czasów do wykonania obliczeń niezbędnych dla potrzeb projektowych dla typowego transformatora dystrybucyjnego np. o mocy 10 MVA, a także wymogów dotyczących niezbędnego w tym zakresie sprzętu komputerowego. Proszę o porównanie z rezultatami uzyskanymi przy zastosowaniu autorskiej metody Doktoranta.

3. W pracy brak jest informacji dotyczącej powtarzalności uzyskiwanych wyników pomiarów współczynnika przejmowania ciepła  $\alpha$ . Czy Doktorant analizował ten problem i czy rozważał wpływ czynników metrologicznych, które mogłyby ją zakłócać? To samo dotyczy problemu odtwarzalności uzyskiwanych wyników pomiarowych.

4. W tabeli 5.2 na str. 51 zostały w celach porównawczych zestawione wartości czterech wybranych parametrów charakteryzujących własności elektryczne badanych przez Doktoranta olejów. Przy czym, podane wartości zostały zaczerpnięte z literatury (poz. 26 i 68) i np. dla rezystywności podano szeroki zakres wartości, a w przypadku estru naturalnego o obniżonej lepkości nie podano wartości w ogóle. Dlaczego Doktorant nie zlecił wykonania lub nie wykonał samodzielnie standardowych badań parametrów fizykochemicznych analizowanych olejów? Czy miałyby to wpływ na uzyskiwane wyniki przeprowadzonych pomiarów? Czy wykorzystywane podczas badań oleje były fabrycznie nowe czy wstępnie zestarzone? Czy prowadził Doktorant badania zmierzające do określenia wpływu stopnia zestarzenia oleju na uzyskiwane wartości cieplne? Dlaczego w tabeli 5.4 nie podano wartości lepkości i rozszerzalności cieplnej dla estru naturalnego o obniżonej lepkości, w szczególności, mając na uwadze, że Doktorant wykonuje badania porównawcze dla estru o obniżonej lepkości?

5. Proszę podać adekwatne cytowania literaturowe do sformułowania: „... pomiary  $\alpha$  przeprowadzono dla  $q$  równego 1000, 2000, 3000 W/m<sup>2</sup>. Wartości te odpowiadają obciążeniu cieplnemu spotykanemu w transformatorach. ...” (str. 46).

6. W tytule rys. 7.1, 7.2, itd., znajduje się wyrażenie „... średni współczynnik przejmowania ciepła ...”. Jaka jest to średnia, jak została wyznaczona i dla ilu wartości? Ponadto, dla rys. 7.3, 7.5, itd. brak jest sformułowania średni, jakie zatem wartości zostały przedstawione na tych rysunkach? Ciekawym były także zagadnienie czy i w jaki sposób współczynnik  $\alpha$  zmienia swoją wartość w czasie nagrzewania?

7. Ponieważ, jak sam Doktorant stwierdził w rozdz. 7.5, wybór miejsca wyznaczania współczynnika  $\alpha$  na elemencie grzejnym ma wpływ na jego wartość, niezależnie od rodzaju użytej cieczy izolacyjnej, obciążenia cieplnego powierzchni schładzanej, długości elementu grzejnego i jego położenia, to dlaczego nie podjęto próby wyznaczenia zależności funkcyjnej zwiększając liczbę miejsc pomiarowych na tym elemencie?

8. Podczas badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych Doktorant zastosował do pomiaru temperatury czujnik TOPE500. Natomiast, obecnie do monitoringu wartości temperatury części aktywnych transformatorów oraz oleju izolacyjnego wykorzystywane są najczęściej czujniki typu Pt100 i Ni100. Czy zatem Doktorant brał pod uwagę możliwość ich wykorzystanie i dlaczego wybrał inny czujnik?



### Uwagi merytoryczne:

1. W pracy brakuje kilku cytowań przytaczanych zależności matematycznych, dla przykładu w przypadku następujących wzorów: (2.12, 2.13, 2.20, 2.21). Dotyczy to także kilku akapitów, w których Doktorant powołuje się wprost na doniesienia literaturowe, np.: „... *Dostępna literatura dowodzi, że* (str. 8), „... *w przeważającej liczbie transformatorów, ma miejsce konwekcja naturalna ...*” (str. 21); „... *zauważono, że od wysokości 1 m ruch konwekcyjny cieczy elektroizolacyjnej, który początkowo był laminarny, przechodzi w turbulentny ...*” (str. 37); „... *Na podstawie dostępnej literatury stwierdzono, że ...*” (str. 38); „... *W dostępnej literaturze nie ma informacji na temat ...*” (str. 39), itd.

2. W kilku miejscach dysertacji znajdują się powtórzenia przekazywanych informacji, co często poprzedzane jest takimi sformułowaniami, jak: „... *przedstawiono jeszcze raz ...*” (str. 54); „... *jak podano we wcześniejszych akapitach ...*” (str. 53); „... *Jak napisano w rozdziale 5 ...*” (str. 58); „... *Jak już wspomniano ...*” (str. 68), „... *Jak napisano w podrozdziale 2.1.4 ...*” (str. 78), itd., które wydają się zbędne i nie wnoszą nowych treści merytorycznych do dysertacji.

3. W tytule dysertacji użyto dość niefortunnego i mało precyzyjnego sformułowania, a mianowicie „... *Narzędzie służące do obliczania pola temperaturowego...*”, co może sugerować, że zostanie opracowana aplikacja komputerowa lub np. urządzenie. Co Autor miał na myśli proponując taki tytuł dysertacji ?

## 4.2 Uwagi redakcyjne

Moim zadaniem rozprawa została zredagowana bardzo poprawnie, zawiera tylko nieliczne błędy redakcyjne. Przede wszystkim dotyczy to sformułowań niepoprawnych stylistycznie, czy niezręczności językowych, których wybrane przykłady przedstawiłem poniżej, a które nie wpływają w sposób znaczący na jej ocenę merytoryczną. Na podkreślenie zasługuje także brak błędów ortograficznych, interpunkcyjnych, czy tylko kilka tzw. literówek. Natomiast wszystkie dostrzeżone przez mnie błędy redakcyjne zaznaczyłem bezpośrednio w rozprawie.

- Doktorant posługuje się w pracy językiem technicznym, jednak nie ustrzegł się przed zastosowaniem w kilku miejscach mało precyzyjnych zwrotów i sformułowań np.:
  - W tabeli 5.1: „... *często, rzadko ...*” (str. 51);
  - „... *jest niewielki ze względu na dość dużą przewodność ...*” (str. 59), itd.
- W dysertacji dostrzegłem tylko jedno powtórzenie wyrazu w zdaniu, które można było w prosty sposób wyeliminować, tj.:
  - „... *wprowadzać zaburzenie termiczne oraz umożliwiać zmierzenie tego zaburzenia. Zaburzenie to było...*” (str. 56).
- Przykłady sformułowań niepoprawnych stylistycznie i niezręczności językowych: „... *Dostępna literatura dowodzi, że ...*” (str. 8); „... *Z powodu pewnych niedogodności wiążących się z użytkowaniem ...*” (str. 36); „... *szybkich i pojemnych maszyn liczących ...*” (str. 36); „... *wartości właściwości cieplnych ...*” (str. 42); „... *jak podaje to najczęściej literatura ...*” (str. 45); „... *coraz częściej sięgają po estry ...*” (str. 53); „... *w związku z tym nie było obawy ...*” (str. 59); „... *umożliwiał szczytywanie temperatury ...*” (str. 60); „... *Na podstawie literatury stwierdzono ...*” (str. 81), itd.
- Przykłady błędów literowych: jest: „... *cieczą elektroizacyjną ...*”, a poprawnie powinno być: „... *cieczą elektroizacyjną ...*” (str. 48); jest: „*samy*”, a poprawnie powinno być: „*samym*” (str. 56); jest: „*miało*”, a poprawnie powinno być: „*miał*” (str. 64); na rys. 7.7 jest „*obizonej*”, a powinno być „*obniżonej*” (str. 69), podobnie



jak na rys. 7.19 na str. 79; jest: „*Odziału*”, a poprawnie powinno być: „*Oddziału*” (str. 87).

- W kilku przypadkach Doktorant posługuje się formą osobową, zamiast bezosobowo, jak ma to miejsce w tekstach technicznych, dla przykładu: „*Stratnością nazywamy*” (str. 11); „*Rozróżniamy dwa rodzaje*” (str. 16), „*do których zaliczamy*” (str. 81).
- W dysertacji jest niedokończone zdanie: „... *Ponieważ straty jałowe histerezy są proporcjonalne do częstotliwości, a straty jałowe do prądów wirowych są proporcjonalne do kwadratu częstotliwości. ...*” (str. 13).
- Doktorant mógł wprowadzić powszechnie wykorzystywany skrót WNZ oznaczający wyładowania niezupełne.
- Brak konsekwencji w stosowaniu skrótu Rys. i Rysunek. Ponadto, w przypadku zastosowania Rys., poprawnie powinno zastosować się spację oddzielającą kropkę i numer rysunku (np. Rys. 2.5 i Rys. 2.6 na str. 28, Rys. 2.10 i Rys. 2.11 na str. 32).
- Na str. 41, w opisie wzoru 2.27, jako jednostkę powierzchni podano  $m^2$ , zamiast  $m^2$ .

**Zawarte w recenzji uwagi i zastrzeżenia nie wpływają w sposób znaczący na wartość merytoryczną rozprawy. Proszę jednak Doktoranta o odniesienie się do nich przed obroną. Praca nie wymaga w związku z tym zmian ani uzupełnień.**

## 5. Wniosek końcowy

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy aktualnego i oryginalnego zagadnienia naukowego z silnie zaznaczonym aspektem implementacyjnym. Należy do prac doskonalących metody numeryczne wykorzystywane przy projektowaniu jednostek transformatorowych. Przedstawiona rozprawa stanowi kompleksowe ujęcie zagadnień związanych z problematyką oceny procesów cieplnych zachodzących w transformatorach elektroenergetycznych, wykonywaną dla potrzeb optymalnego ich projektowania. Uzyskane wyniki mają duże znaczenie poznawcze, z możliwością ich praktycznego wykorzystania, a założone cele rozprawy były konsekwentnie realizowane i w mojej ocenie zostały osiągnięte. Doktorant wykazał się dobrym opanowaniem wiedzy teoretycznej, przede wszystkim z zakresu szeroko rozumianej elektrotechniki, materiałoznawstwa elektrycznego, elektroenergetyki, w tym znajomością zjawisk cieplnych i rozkładów temperaturowych występujących w transformatorach z izolacją papierowo-olejową różnych konstrukcji oraz wykorzystywanych sposobach chłodzenia. Ponadto, posiada umiejętność planowania i prowadzenia eksperymentów w warunkach laboratoryjnych, przy wykorzystaniu zaprojektowanego oraz wykonanego stanowiska pomiarowego. Potrafi także samodzielnie formułować i rozwiązywać problemy o charakterze naukowym.

Uważam, że recenzowana praca w stopniu wystarczającym spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku z wprowadzonymi poprawkami obowiązującymi od 11 października 2011 r. Dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie przez Radę Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej w Poznaniu, mgr inż. Przemysława Gościńskiego do publicznej obrony przedłożonej rozprawy.

