

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: „Optyczna metoda równoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia linii energetycznej”

Autor rozprawy: mgr inż. Kanat Mussabekov

Promotor: prof. dr hab. inż. Piotr Kisała

1. Podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa mgr. inż. Kanata Mussabekova zatytułowana: „Optyczna metoda równoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia linii energetycznej”, wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Piotra Kisały z Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Promotorem pomocniczym rozprawy był dr hab. inż. Paweł Komada profesora uczelni.

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Lubelskiej prof. dr hab. inż. Piotra Kisały. Podstawą opracowania recenzji była dostarczona rozprawa doktorska o wymienionym wyżej tytule.

2. Charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana w języku rosyjskim i liczy 108 stron druku. Autor odwołuje się w jej zakresie do literatury liczącej 112 pozycji. Bibliografia odzwierciedla aktualny stan wiedzy z zakresu metod pomiaru temperatury, wydłużenia linii energetycznych oraz ich monitorowania z zastosowaniem czujników opartych o światłowodowe siatki Bragga.

Linie energetyczne powinny niezawodnie pracować w każdych warunkach pogodowych oraz przy zmiennym obciążeniu. Monitorowanie wymienionych w tytule pracy parametrów może pozwolić na bezpieczne zwiększenie ich obciążenia. Modernizacja sieci elektroenergetycznej jest ważnym zagadnieniem praktycznym o dużym znaczeniu gospodarczym. Wymaga to również rozwiązania wielu problemów naukowych. Dobór literatury jest poprawny oraz wystarczająco szeroki.

Treść rozprawy została podzielona na 9 rozdziałów w tym wstęp i wnioski. Ilustracje umieszczone w pracy są czytelne i ujmują dokonania doktoranta w zakresie analizy i konstrukcji systemów pomiarowych wykorzystywanych w diagnostyce pracy linii

elektroenergetycznych ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązań wykorzystujących światłowody specjalne w tym światłowodowe siatki Bragga. Układ pracy nie budzi moich zastrzeżeń, a użyta terminologia jest prawidłowa i zrozumiała. Od strony redakcyjnej i graficznej rozprawa jest dobrze przygotowana. Praca zawiera również streszczenia w językach: rosyjskim, polskim i angielskim.

3. Ocena podjętego tematu

Problematyka diagnostyki pracy napowietrznych linii elektroenergetycznych, w której znajduje się tematyka rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kanata Mussabekova związana jest z równoczesnymi pomiarami parametrów takiej linii elektroenergetycznej, które w istotny sposób wpływają na jej możliwości przesyłowe. Główną przyczyną ograniczenia obciążalności linii jest zmiana długości przewodów pod wpływem temperatury oraz naprężeń mechanicznych. Ważnym zagadnieniem jest więc ciągły monitoring tych parametrów, co pozwoli na lepsze wykorzystanie zdolności przesyłowych linii elektroenergetycznych z jednoczesnym określeniem zagrożeń awaryjnych i ich lokalizacji.

W ocenianej pracy wiele miejsca poświęcone jest omówieniu przykładowych rozwiązań stosowanych w praktyce. Doktorant dokonał przeglądu literatury w zakresie dotyczącym sposobu monitoringu oblodzenia linii jako czynnika wpływającego na naprężenia i metod wyznaczania miejsc uszkodzeń wynikających z wystąpienia tego czynnika.

Istotną część pracy stanowi koncepcja jednoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia przewodów linii energetycznej przy wykorzystaniu światłowodowych siatek Bragga. W ocenianej pracy zaprezentowano układ pozwalający na wyznaczenie tych parametrów linii poprzez pomiar zrealizowany przy pomocy siatek Bragga, które pełnią rolę głowic czujników światłowodowych. Przedstawione rozwiązanie poprzedziły badania laboratoryjne wpływu temperatury i wydłużenia na zmiany parametrów jednorodnych prostych siatek Bragga. Zostały one przeprowadzone w zakresie przewidywanych zmian charakterystycznych w napowietrznych liniach elektroenergetycznych, które wynikają z warunków otoczenia. Światłowody z wbudowanymi siatkami Bragga pełnią rolę czujnika temperatury oraz czujnika wydłużenia. Przedstawione czujniki pracowały liniowym zakresie zmian ich parametrów.

W pracy przedstawiono rezultaty analiz symulacyjnych oraz eksperymentów pomiarowych. Należy stwierdzić dużą zbieżność uzyskanych wyników z obu etapów. Stanowi to niewątpliwy walor dysertacji, gdyż potwierdza, że zaproponowane rozwiązanie dotyczące złożonej problematyki może być zastosowane w warunkach rzeczywistych. Praca ma charakter rozwojowy oraz w wielu obszarach nie wyczerpuje tematyki badawczej, pokazuje natomiast kierunek możliwych przyszłych badań i analiz.

4. Analiza i ocena merytoryczna pracy

W rozdziale pierwszym pracy stanowiącym wstęp zawarto wprowadzenie do tematyki podjętej w dysertacji. Zasygnalizowane zostały tu zagadnienia związane z prezentowanymi w publikacjach rozwiązaniami dotyczącymi skupionych i rozłożonych czujników optycznych, ze szczególnym uwzględnieniem rozwiązań wykorzystujących światłowodowe siatki Bragga,

które mogą być użyte do monitorowania zmian temperatury i wydłużenia przewodów napowietrznych linii elektroenergetycznych.

Rozdział drugi zawiera tezę, cel i zakres pracy. Teza została sformułowana w następujący sposób: „Wykorzystanie światłowodowych czujników pozwoli na opracowanie metody jednoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia przewodów linii elektroenergetycznej”.

Za cel rozprawy przyjęto opracowanie metody równoległego pomiaru temperatury i wydłużenia linii energetycznej z wykorzystaniem światłowodowych czujników z siatkami Bragga. Cel zaplanowano osiągnąć na drodze analizy charakterystyk spektralnych siatek Bragga poddanych jednocześnie mu oddziaływaniu temperatury i naprężeń mechanicznych.

Zakres pracy obejmuje następujące zagadnienia:

- ocena zmian długości przewodów linii elektroenergetycznej (przyczyny i problemy),
- przegląd metod pomiaru temperatury i wydłużenia,
- określenie korzyści wynikających z zastosowania światłowodowych siatek Bragga w porównaniu z klasycznymi urządzeniami pomiarowymi w kontekście pomiarów linii przesyłu energii elektrycznej,
- koncepcja metody jednoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia przewodów linii elektroenergetycznej.

Rozdział trzeci stanowi omówienie zagadnień związanych ze zmianą wydłużenia przewodów elektroenergetycznych prowadzących do automatycznego wyłączenia przesyłu. Przedstawiono tu również dane liczbowe opisujące wyłączenia z podziałem na napięcia linii przesyłowych.

Rozdział czwarty poświęcony jest omówieniu zagadnień związanych ze współczesnymi technologiami stosowanymi przy monitorowaniu napowietrznych sieci elektroenergetycznych. Omówiono tu przyczyny powstawania strat przy przesyłach energii elektrycznej oraz wpływ na efektywność przesyłu statycznych i dynamicznych parametrów linii. Przedstawiono tu również klasyfikację klasycznych układów monitoringu z przytoczeniem rozwiązań zilustrowanych fotografiami z zamontowanymi blokami pomiarowymi na przewodach. Rozdział kończą wnioski podkreślające znaczenie monitoringu oraz konieczność poszukiwania efektywniejszych rozwiązań monitorowania pracy linii elektroenergetycznych.

Rozdział piąty zawiera omówienie metod pomiaru temperatury i wydłużenia przewodów napowietrznej linii elektroenergetycznej z wykorzystaniem reflektometrycznego czujnika światłowodowego z wymuszonym rozproszeniem Ramana, jako czujnika rozłożonego.

Rozdział szósty stanowi przegląd rozwiązań obejmujących: oblodzenie przewodów, lokalizację uszkodzeń, określenie stanów awaryjnych. Stanowi on uzupełniającą informację, która potwierdza złożoność problemu oraz dotychczasowy brak kompleksowego rozwiązania.

gle

Podkreślić należy, że zarówno rozdział piąty jak i szósty stanowią zbiór informacji dostępnych w literaturze i pominięcie ich nie wpłynęłoby na obniżenie poziomu prezentowanej rozprawy.

Rozdział siódmy i ósmy stanowią najważniejszą część recenzowanej rozprawy. Została w nich przedstawiona koncepcja jednoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia przewodów napowietrznej linii elektroenergetycznej. Doktorant przedstawił model matematyczny linii, na podstawie którego możliwe jest określenie jej wydłużenia wykorzystując pomiar zmiany naprężenia w przewodzie. Zaprezentowane zostały tu również klasyczne i fotoniczne światłowody dwójłomne, wykorzystane jako czujniki temperatury i deformacji co stanowi alternatywne rozwiązanie w zakresie zastosowania światłowodów jako czujników do równoczesnych pomiarów temperatury i naprężenia.

Zgodnie ze wskazanym w tezie, celu i zakresie pracy rozwiązaniem postawionego problemu naukowego zaproponowano zastosowanie światłowodowych siatek Bragga. Omówiono ich budowę i właściwości. Zostały przedstawione rodzaje światłowodowych siatek Bragga, ich modele matematyczne oraz parametry metrologiczne (czułość temperaturowa i naprężeniowa). W przyjętym zakresie zmian temperatury od -50°C do $+180^{\circ}\text{C}$ wyznaczone zostały teoretyczne współczynniki czułości temperaturowej oraz naprężeniowej. Wyznaczono również teoretyczne zmiany długości czujnika ze światłowodową siatką Bragga przy naprężeniu wynoszącym 160 MPa.

W rozdziale ósmym przedstawiono rezultaty badań laboratoryjnych siatek Bragga. Poprzedzone zostały one analizą teoretyczną z wykorzystaniem metody macierzy transmisyjnych. Badania symulacyjne poprzedziły wybór długości siatki oraz głębokości jej modulacji. Wykonane w laboratorium Katedry Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Lubelskiej siatki Bragga zostały poddane zarówno działaniu temperatury jak i naprężenia z wykorzystaniem mechanicznego elementu pomiarowego. Zmiany centralnej długości fali Bragga w obu przypadkach są liniowe. Ułatwia to ich wykorzystanie do monitorowania zmian długości przewodów linii elektroenergetycznej. W rozdziale 8.4 przedstawiono koncepcję układu jednoczesnego pomiaru temperatury i naprężenia przewodów linii elektroenergetycznej z wykorzystaniem światłowodowych siatek Bragga.

Uwzględniając badania laboratoryjne oraz rezultaty symulacji należy stwierdzić, że postawiona w pracy teza została udowodniona.

Rozdział dziewiąty zawiera syntetyczne wnioski dotyczące tematyki przedstawionej w dysertacji.

5. Uwagi szczegółowe

Teza, cel i zakres pracy zostały sformułowane prawidłowo w sposób niebudzący żadnych wątpliwości i niedomówień. Praca była realizowana w sposób spójny według nakreślonego planu zgodnego ze wskazanym celem i zakresem. Pozwoliło to na udowodnienie przyjętej tezy. Przyjęta metodyka postępowania jest logiczna i prowadziła od zdefiniowania potrzeb i wymagań poprzez analizy aż po aplikację laboratoryjną.

Jle

Przedstawiona praca ma charakter teoretyczno-aplikacyjny oraz wskazuje kierunki i obszary dalszych badań.

Za osiągnięcia własne autora uważam:

- umiejętność kompleksowego przeprowadzania eksperymentu badawczego poprzedzonego szeroką analizą teoretyczną i symulacyjną,
- z uwagi na specyfikę badanego obiektu za trafny należy uznać wybór światłowodowych siatek Bragga spośród dużej liczby innych potencjalnych światłowodowych metod pomiaru temperatury i naprężenia,
- przeprowadzenie badań symulacyjnych charakterystyk spektralnych światłowodowych siatek Bragga,
- określenie na podstawie modeli matematycznych oraz przyjętych zakresów zmian temperatury i naprężenia teoretycznych zmian długości siatki Bragga,
- przeprowadzenie badań laboratoryjnych wpływu temperatury i naprężenia na charakterystyki siatek,
- opracowanie koncepcji jednoczesnego pomiaru temperatury i naprężenia linii elektroenergetycznej.

Do słabych stron pracy które doktorant powinien wyjaśnić zaliczam:

1. W ramach pracy zostało przedstawione parametryzowanie wytwarzanych struktur periodycznych i dostosowanie procesu technologicznego ich wytwarzania pod kątem zastosowania do konstrukcji czujnika naprężenia oraz temperatury przewodów napowietrznej linii elektroenergetycznej średniego napięcia. Proszę o wyjaśnienie na czym polegało dostosowanie układu do zapisu światłowodowych siatek Bragga.
2. Czy w ramach prac przystosowania układu zapisu siatek Bragga została również wykonana analiza wytrzymałości mechanicznej włókien światłowodowych poddanych naprężeniu osiowemu?
3. W rozdziale 8.2 autor podaje, że płytki testowa była badana w kontrolowanej temperaturze. Czy wymienione badania były realizowane w komorze klimatycznej?
4. Jaka jest w opinii autora przyczyna zmiany czułości przedstawionej na wykresie z rysunku 8.2 b?
5. W pracy brakuje dyskusji na temat doboru parametrów jakościowych par siatek Braggowskich, czujnikowej oraz filtrującej. Czy autor dokonał takiej analizy?
6. Czy było rozważane przez autora umieszczenie obu siatek pomiarowych (do pomiaru temperatury i naprężenia) szeregowo w jednym włóknie światłowodowym?

Przedstawione uwagi krytyczne i dyskusyjne nie umniejszają w istotnym stopniu osiągnięć autora rozprawy.

6. Podsumowanie i konkluzja

Po szczegółowym zapoznaniu z przedstawioną do oceny rozprawą doktorską stwierdzam, że:

- przedstawiona w rozdziale drugim teza rozprawy została udowodniona drogą:

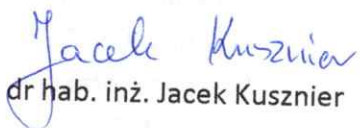
- syntezy wpływu temperatury i naprężenia na wydłużenie przewodów linii elektroenergetycznej oraz zmianę charakterystyk widmowych siatek Bragga,
 - przeprowadzenia badań symulacyjnych i laboratoryjnych wpływu temperatury i naprężenia na parametry siatki Bragga,
 - opracowania oryginalnego rozwiązania zagadnienia naukowego w postaci koncepcji układu do jednoczesnego pomiaru temperatury i naprężenia przewodów linii elektroenergetycznej.
- Cel pracy został osiągnięty w zakresie sformułowanym przez doktoranta.
 - Tematyka pracy jest aktualna oraz ważna z gospodarczego punktu widzenia (w zakresie konieczności modernizacji sieci wynikającym z przekształceń w systemie elektroenergetycznym) i dobrze nawiązuje do wiedzy teoretycznej i praktycznej.
 - Wskazane zostały potrzeby i perspektywy przyszłych badań zmierzających do zbudowania prototypu.

Z powyższego wynika, że doktorant posiada kompetencje do samodzielnego prowadzenia badań naukowych i cechuje się znaczącą wiedzą w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

W moim przekonaniu doktorant wykazał się umiejętnością sformułowania problemu, jego samodzielnego rozwiązania i zbadania przydatności potwierdzając zasadność przyjętej teorii i narzędzi w jej realizacji oraz umiejętnością formułowania wniosków. Zamierzony cel pracy został osiągnięty, a teza udowodniona.

Uważam, że rozprawa mgr inż. Kanata Mussabekova zatytułowana: „Optyczna metoda równoczesnego pomiaru temperatury i wydłużenia linii energetycznej” spełnia wymagania stawiane przy promocji na stopień doktora nauk technicznych w rozumieniu art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. 2003 Nr 65 poz. 595).

Wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Kanata Mussabekova do publicznej obrony.


dr hab. inż. Jacek Kuszniar