

Wpłynęło dnia ...27.05.2021
Zarejestrowano pod nr
Podpis dm

Recenzja pracy doktorskiej mgr. inż. Mirosława Dechnika
pt. „Analiza możliwości poprawy efektywności energetycznej, w
kontekście adaptacji oświetlenia pomieszczeń w budynku
biurowym poprzez personalizację warunków oświetlenia”

1. Podstawa wykonania recenzji

Niniejszą recenzję wykonałem na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

2. Charakterystyka pracy

Praca składa się z 6 rozdziałów merytorycznych, rozdziału „Literatura”, „Spisu tabeli i ilustracji” oraz załączników od „A” do „E”. Łącznie liczy 198 stron.

W pracy zawarto opisy analiz, badań symulacyjnych, ankietowych i doświadczalnych prowadzonych przez Autora pracy w budynku Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego w Krakowie Politechniki Krakowskiej. Badania metody lokalnego, spersonalizowanego sterowania oświetleniem ogólnym wykonano w oparciu o wybrane pomieszczenie doświadczalne wyposażone w indywidualnie sterowane lampy LED, którego charakterystyka oraz przyjęte rozmieszczenie stanowisk pracy są typowe dla nowoczesnych biur typu *open space*.

Rozdział 1. stanowi wstęp do pracy. Przedstawiono w nim rolę światła w życiu człowieka, rozwój techniki świetlnej, scharakteryzowano proces projektowania instalacji elektrycznej oświetleniowej i zwrócono uwagę na przyczyny występowania nieoptymalnych warunków oświetleniowych w biurach. Zdefiniowano pojęcie efektywności energetycznej oraz możliwości jej poprawy w instalacji oświetleniowej budynku. Zdefiniowano pojęcie budynku typu *smart* oraz podano zestaw cech instalacji oświetleniowej dla tego typu. Wskazano również ogólne sposoby obniżania zapotrzebowania na energię przez oświetlenie oraz zwrócono uwagę na łatwość implementacji nowoczesnych rozwiązań z zakresu energooszczędnych systemów automatycznego sterowania oświetleniem. Sformułowano tezę oraz wyznaczono zadania stanowiące cele pracy.

W rozdziale 2. omówiono udział budynków w światowym zużyciu energii. Wskazano, że oświetlenie stanowi obszar o znacznym wpływie na bilans energetyczny całego budynku, zwłaszcza biurowego. Przedstawiono czynniki decydujące o energochłonności oświetlenia wewnątrz oraz opisano nowoczesne źródła światła LED, jako że ich użycie było przedmiotem rozważań w pracy. Scharakteryzowano zintegrowany system sterowania i automatyzacji budynku typu *smart* w kontekście jego oddziaływania na efektywność energetyczną budynku. Zwrócono również uwagę na aspekt akceptacji systemów automatycznego sterowania przez ludzi. Następnie przedstawiono opis biur na planie otwartym (typu *open space*), których oświetlenie było analizowane w dalszej części pracy, zagadnienie

schematów obecności ludzi w przestrzeniach biurowych oraz przeprowadzono identyfikację metod sterowania oświetleniem, mających na celu poprawę efektywności energetycznej. Zaprezentowano energooszczędne funkcje systemu sterowania i automatyzacji budynku typu *smart* w obszarze sterowania oświetleniem. Przedstawiono zagadnienie rozmiaru niezależnie sterowanych stref oświetleniowych, podkreślając znaczenie sterowania na poziomie lokalnym – poszczególnych stanowisk pracy – dla optymalizacji zarówno zużycia energii, jak i warunków oświetleniowych w wielkopowierzchniowych przestrzeniach biurowych. Scharakteryzowano również różne metody sterowania oświetleniem oraz przeprowadzono metaanalizę uzyskiwanych z ich wykorzystaniem oszczędności energii na oświetlenie w biurach.

W 3. rozdziale pracy omówiono obowiązujące unormowania i rekomendacje dotyczące oświetlenia biurowych stanowisk pracy. Następnie, na podstawie analizy wyników badań opisywanych w literaturze, pokazano że indywidualne preferencje oświetleniowe ludzi są zróżnicowane, a w środowiskach biurowych znacząca liczba osób preferuje natężenie oświetlenia niższe niż rekomendowane. Podkreślono także, że natężenie oświetlenia stanowi najistotniejszy czynnik oceny otoczenia świetlnego. Opisano charakterystykę pomieszczeń Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego, w których były przeprowadzane badania doświadczalne wykonane przez Autora. Przedstawiono wyniki pomiarów wybranych parametrów charakteryzujących jakość oświetlenia w tych pomieszczeniach.

W ramach pracy wykonano badania ankietowe, których uczestnicy oceniali warunki oświetleniowe w pomieszczeniu doświadczalnym, czyli takim gdzie oświetlenie było zgodne z obowiązującymi rekomendacjami dla nowoczesnych biurach. W związku z faktem, że znacząca liczba osób preferowała niższe natężenie oświetlenia, uzyskano potwierdzenie, że udostępnienie użytkownikom możliwości indywidualnej regulacji oświetlenia stanowisk pracy będzie zapewniało dodatkowe oszczędności energii podczas ich obecności.

W rozdziale 4. omówiono potrzebę stosowania w biurach typu *open space* oświetlenia własnego stanowiska (regulacji indywidualnej). Przedstawiono korzyści wynikające z takiego działania dla człowieka oraz poprawy jego komfortu. Zwrócono także uwagę na znaczenie koordynacji systemów osobistej kontroli środowiska z infrastrukturą budynku typu *smart* dla poprawy wskaźników energetycznych budynków.

Przedstawiono autorską koncepcję sterowania oświetleniem w pomieszczeniach biurowych. Przeanalizowano zastosowanie sterowania w biurach typu *open space*. Opisano proces przygotowania modelu pomieszczenia doświadczalnego, które było wykorzystywane w symulacjach różnych wariantów pracy spersonalizowanego systemu sterowania oświetleniem ogólnym. W kolejnej części pracy zawarto szczegółowe wytyczne dla osiągnięcia docelowych warunków oświetleniowych w pomieszczeniach, w wyniku działania proponowanej metody sterowania. W celu wyznaczenia natężeń oświetlenia na poszczególnych stanowiskach, przy sterowaniu lampami w układzie otwartym w pomieszczeniu doświadczalnym, przedstawiono dwa modele matematyczne systemu oświetlenia: liniowy (metoda modelowania analitycznego) oraz nieliniowy (metoda modelowania z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych - ANN).

Zastosowano dwie metody optymalizacji problemu spersonalizowanego sterowania oświetleniem w otwartej przestrzeni biurowej przy warunku minimalnego zużycia energii. W obu modelach do rozwiązywania zadania optymalizacji wykorzystano algorytmy optymalizacji z programu Matlab.

Wynikiem takiej optymalizacji są zestawy optymalnych współczynników ściemnienia poszczególnych lamp. Zamieszczono również wyniki badań symulacyjnych i doświadczalnych metody spersonalizowanego sterowania oświetleniem ogólnym w pomieszczeniu doświadczalnym, które przeprowadzono dla wybranych stanów pracy systemu oświetleniowego. W szczególności, pokazano przykłady optymalnych rozwiązań oraz rezultaty analizy wpływu proponowanej metody na obniżenie zużycia energii na oświetlenie w pomieszczeniu doświadczalnym.

W rozdziale 5. przedstawiono założenia i wytyczne dla ustawień oświetlenia w otwartej przestrzeni biurowej, z wykorzystaniem nowoczesnych instalacji elektrycznych stosowanych w budynkach biurowych typu *smart*. Wytyczne te przedstawiono w kontekście celów realizowanych w ramach metody spersonalizowanego sterowania oświetleniem. Opisano ponadto możliwości jednoczesnej realizacji pozostałych celów sterowania stawianych przed systemem oświetleniowym typu *smart*.

W rozdziale 6. podsumowano wyniki badań uzyskanych w rozprawie, uzasadniono znacznie przeprowadzone badania. Autor stwierdził również, że osiągnął założone cele rozprawy, a także przedstawił kierunki swoich dalszych badań.

3. Ocena merytoryczna pracy

Praca ma charakter obszernego, dobrze zaplanowanego badania, z wyraźnie postawioną tezą i celami do osiągnięcia. Obejmuje swoim zakresem zagadnienia interdyscyplinarne, m. in. kilka zagadnień technicznych połączonych z socjologiczną oceną oświetlenia stanowiska pracy. Ma to odzwierciedlenie w metodyce badań, które obejmują zagadnienia modelowania, jak i badań ankietowych.

Wybór tematu pracy nie budzi zastrzeżeń. Zagadnienia oświetlenia w pracach badawczych po wielu latach stagnacji przeżywają swój renesans. Z jednej strony, jest to wynikiem niebywałego postępu technicznego w zakresie technologii źródeł światła oraz możliwości ich sterowania przez rozwój elektroniki i ICT, a z drugiej strony z coraz większą uwagą pracodawców skierowaną na zagadnienie komfortu świetlnego zapewniającego jak najlepsze wyniki pracy przy jednoczesnej dbałości o zdrowie użytkowników. Bardzo istotnym czynnikiem tego rozwoju jest również globalny trend zmniejszenia zapotrzebowania na pierwotne nośniki energii, m.in. poprzez wzrost efektywności energetycznej budynków. Wszystkie te czynniki zostały umiejętnie wykorzystane przez Autora do spójnego i przekonującego uzasadnienia wyboru tematu pracy.

Uzasadniając podjęcie tematu, Autor wskazuje na wagę zagadnień oświetlania budynków, w tym biurowych, z uwagi na wagę społeczną zagadnienia (komfort świetlny), ekologiczny (zużycie energii), ekonomiczny (koszty energii) konfrontując te cele z ogromnymi możliwościami technologicznymi umożliwiającymi ich realizacją możliwą dzięki rozwojowi źródeł światła, technologii automatyzacji budynków czy energoelektroniki.

Można zauważyć, że tematyka pracy jest ujęta w krajowych inteligentnych specjalizacjach - tworzenie innowacyjnych rozwiązań społeczno-gospodarczych, zwiększenie wartości dodanej gospodarki i podniesienie jej konkurencyjności na arenie międzynarodowej, a mianowicie Dział Zrównoważona Energetyka, KIS 4 – Wysokosprawne niskoemisyjne i zintegrowane układy wytwarzania, magazynowania, przesyłu i dystrybucji energii oraz KIS 5 – Inteligentne energooszczędne budownictwo.

Tytuł pracy odpowiada treści pracy. Zamysłem Autora było wykazanie potencjału oszczędności energii w układach oświetleniowych powierzchni biurowej typu *open space*. Autor zaproponował koncepcję metody spersonalizowanego, lokalnego sterowania oświetleniem ogólnym pomieszczenia, która łączy regulację indywidualną oraz sterowanie w zależności od zajętości poszczególnych stanowisk pracy.

Teza pracy została sformułowana następująco: „Możliwa jest poprawa efektywności energetycznej pracy instalacji oświetleniowej, poprzez adaptację oświetlenia pomieszczeń w budynku biurowym typu smart, do realizacji nadrzędnej funkcji sterowania mającej na celu wytworzenie spersonalizowanych warunków oświetlenia dostosowanych do potrzeb poszczególnych użytkowników. Obniżenie zużycia energii będzie następstwem nie tylko zróżnicowania warunków oświetleniowych w pomieszczeniu na skutek sterowania, ale także akceptacji użytkowników dla podejmowanych automatycznie działań”. W tezie użyto dwóch sformułowań „... poprawa efektywności energetycznej...” oraz „... obniżenie zużycia energii...”. Wydaje się, że to drugie sformułowanie, jest bliższe zamiarom Autora. Poprawne zdefiniowanie efektywności energetycznej w kontekście usługi polegającej na indywidualizacji oświetlenia mogłoby być niejednoznaczne i trudne do zdefiniowania. Niemniej, nie ma wątpliwości, że tak sformułowana teza pracy została w pracy wykazana.

Jako narzędzia badawcze Autor wybrał badanie ankietowe oraz modelowanie numeryczne walidowane poprzez badania eksperymentalne. Metody badawcze należy uznać za standardowe, ale na uwagę zasługuje połączenie metody ankietowania użytkowników przestrzeni biurowej i późniejsze zastosowania metod modelowania oświetlenia. Nie do pominięcia w ocenie pracy są umiejętności Autora w zakresie zaplanowania, przygotowania stanowisk pomiarowych i wykonania pomiarów.

Autor demonstruje poprzez zastosowaną metodykę badawczą, tj. ankietę i modelowanie, złożoność społeczną zagadnień oszczędności energii wśród użytkowników powierzchni biurowych. Proces racjonalnego wykorzystania energii nie może być żadną miarą sprowadzony do zagadnienia technicznego, zmierzającego jedynie do wykorzystania potencjału technicznego oszczędności energii bez uwzględnienia wymagań użytkowników.

Pomimo naturalnego skoncentrowania się na najbliższych Autorowi zagadnieniach związanych z techniką oświetleniową, wykazuje On jednak dużą wiedzę i naukowe poszanowanie innych zagadnień, takich jak potrzeba uwzględnienia w ocenie swoich badań preferencji użytkowników stanowisk pracy w zakresie intensywności oświetlenia.

Kompozycja pracy i ujęcie tematu są przejrzyste. Podział pracy na rozdziały jest logiczny, wynika z zaproponowanego przez Autora sposobu prezentacji materiału przez krytyczną analizę prac obcych oraz dążeniem do przejrzystego i spójnego przekazania wyników badań własnych. Zamieszczone informacje w sposób całościowy składają się na dojrzałe i dogłębne zaprezentowanie materiału. Poziom uszczegółowienia poszczególnych omawianych tematów jest jednakowy. Autor w bardzo wielu miejscach wykazuje dogłębną znajomość omawianej tematyki i w sposób przekonujący uzupełnia wiedzę literaturową, powołując się na badania własne.

Poszczególne rozdziały stanowią jedność nie tylko tematycznie, ale również pod względem sposobu ujęcia materiału. Jednak powiązanie części „ankietowej” z badaniami modeli oświetlenia jest dość luźne – brakuje wyraźnych impulsów wynikających z przeprowadzonych badań ankietowych poza jednym, zresztą bardzo istotnym dla koncepcji pracy, stwierdzeniem, że „...podczas pracy w nowoczesnej przestrzeni biurowej

wyposażonej w lampy i monitory typu LED, znacząca liczba osób preferuje natężenie oświetlenia na stanowisku pracy niższe niż rekomendowane 500 lx". Ciekawe byłoby w przyszłości powtórzenie badań po dokonaniu zmian zaproponowanych w wyniku pracy.

Zarówno sposób, jak i rozległość przeprowadzonych badań laboratoryjnych budzą uznanie. Badania laboratoryjne są starannie zaplanowane i opisane. Wskazują na świadomość wpływu różnych czynników i warunków prowadzenia eksperymentu na uzyskane wyniki. Recenzowana praca jest coraz rzadszym przykładem prac, w których część laboratoryjna, wyniki pomiarów, stanowią istotną część badań i są dopełnieniem rozważań teoretycznych czy badań symulacyjnych. Można tylko zwrócić uwagę na pominięcie w dyskusji zagadnień dokładności i błędów pomiarowych. Obróbka statystyczna wyników pomiarowych i ocena ich wiarygodności z uwagi na błędy pomiarowe została prawie całkowicie pominięta.

Budując modele symulacyjne Autor wskazał na poczynione uproszczenia i przekonująco je uzasadnił. Szkoda, że Autor nie zebrał wszystkich założeń i ograniczeń modeli w jednym miejscu. Obecnie są one rozproszone w tekście.

Autor wykazuje bardzo dobrą znajomość zagadnień związanych z techniką oświetleniową. Pierwsze trzy rozdziały, chociaż zajmują znaczną część pracy, stanowią bardzo dobry opis obecnego stanu techniki oświetleniowej w budynkach biurowych. Uzasadniają w sposób zadawalający cel podjęcia badań i wskazują na swobodne poruszanie się Autora w tematyce, która stanowi szerokie otoczenie problemu naukowego przyjętego do rozwiązania.

Opisując otoczenie prawne techniki świetlnej, Autor powołał się na dyrektywy dotyczące efektywności energetycznej i wydajności energetycznej budynków, ale nie wspomniał o dyrektywie określającej wymogi dotyczące ekoprojektu dla produktów związanych z energią (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią), w ramach której wydano szereg rozporządzeń Komisji Europejskiej, m.in. dotyczących źródeł światła, np. ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp kierunkowych, lamp z diodami elektroluminescencyjnymi i powiązanego wyposażenia.

Do oryginalnych osiągnięć Autora zaliczam:

1. Podjęcie i rozwiązanie ciekawego zagadnienia ograniczenia zużycia energii w systemach oświetlenia w pomieszczeniach biurowych typu *open space* w zależności od zajętości miejsc pracy i preferencji użytkowników.
2. Potwierdzenie literaturowych informacji o potrzebie indywidualnej regulacji natężenia oświetlenia poprzez przeprowadzenie badań ankietowych wśród użytkowników.
3. Zaplanowanie i wykonanie badań eksperymentalnych natężenia oświetlenia w przygotowanym pomieszczeniu.
4. Zbudowanie i weryfikację poprawności dwóch modeli oświetlenia (liniowego i wykorzystującego ANN) w przestrzeni biurowej typu *open space*.
5. Opracowanie wytycznych do ustawień oświetlenia w budynku biurowym typu *smart* wyposażonym w nowoczesną instalację elektryczną.

4. Ocena struktury i języka pracy

Cytowana literatura jest wyczerpująca. Spis literatury liczy 391 pozycje i odpowiada światowemu piśmiennictwu z zakresu tematyki pracy. Autor cytuje zarówno pozycje podstawowe dla tematyki, jak również dużą liczbę prac związanych bezpośrednio z tematem pracy, włącznie z najnowszymi publikacjami. Brakuje może pozycji dotyczących modelu ANN, a przywoływane pozycje wydają się nie być najistotniejszymi odwołaniami do fundamentalnych prac z tego obszaru nauki, np. [380, 385].

Na uwagę zasługuje duża liczba prac z czasopism polskich, które przynoszą istotne informacje i dane dotyczące Polski. Fakt ten, moim zdaniem, podkreśla istotność i celowość publikowania w krajowych czasopismach naukowych, co oczywiście nie stoi w sprzeczności z publikowaniem w najważniejszych czasopismach światowych.

W pracy udało się zachować dobre wyważenie proporcji pomiędzy badaniami obcymi a podaniem wyników badań własnych. Dane liczbowe i opinie niebędące wynikiem prac własnych Autora są prawidłowo poparte wskazaniem źródeł literaturowych. Czytelnik nie ma problemu w odróżnieniu osiągnięć własnych Autora od informacji pochodzących z literatury.

Praca napisana jest bardzo poprawnym językiem, zarówno w sensie poprawnej polszczyzny, jak i w zakresie terminów zawodowych natury technicznej. Pozbawiona jest prawie całkowicie kolokwializmów i żargonu technicznego (wyjątkiem jest np. „energia pasożytnicza” czy „skuteczność energetyczna sterowania”). Tytuły niektórych rozdziałów są długie, ale za to dobrze opisują zawartość rozdziału.

Praca jest bardzo starannie zredagowana. Jako taka może służyć za przykład poprawnej redakcji i edycji.

Materiał ilustracyjny jest wystarczający do zrozumienia treści pracy. Szkoda tylko, że Autor przeprowadzając klasyfikację czy podział różnych układów i systemów, nie przedstawił ich w formie graficznej, co z pewnością podniosłoby czytelność pracy.

5. Uwagi i pytania szczegółowe

1. W pracy dość często używane jest pojęcie „optymalizacja” rozumiana jako proces minimalizacji mocy czynnej pobieranej przez badany system oświetlenia przy pewnych ograniczeniach. Jest to proces poszukiwania najlepszego rozwiązania spośród ograniczonej liczby rozwiązań, jakie przebadał Autor. Użyty w tytule rozprawy czasownik „poprawa” lepiej chyba odpowiada działaniom prowadzonym w pracy, szczególnie wobec przyjętych założeń upraszczających, które mogą wpłynąć na rozwiązania w pełni „optymalne”.
2. Przeprowadzone symulacje dotyczyły stanu „ustalonego” zajęcia miejsc pracy w badanym pomieszczeniu. Interesujące byłoby pokazanie, czy omówienie sytuacji „dynamicznych”, np. zajęcie lub opuszczenie miejsc pracy przez dużą liczbę użytkowników, szczególnie w przypadku ich bardzo nierównomiernego zajmowania przez nich stanowisk pracy.
3. Autor, w swoich badaniach wykorzystał, co jest całkowicie uzasadnione, istniejącą infrastrukturę oświetleniową i system sterowania. Szkoda, że Autor nie ocenił tej infrastruktury pod kątem poprawności zaprojektowania, funkcjonalności i ewentualnej możliwości udoskonalenia w świetle zaproponowanych przez siebie wytycznych.
4. Interesująca byłaby opinia Autora na temat „przymusowego” zajmowania stanowisk pracy z uwagi na minimalizację zużycia energii. O ile zysk energetyczny takiego

- wymuszonego zajmowania miejsc mógłby być znikomy, to zwrócenie uwagi użytkowników na wagę społeczną oszczędności energii poprzez ich pozytywny lub negatywny stosunek do takiego wymuszonego wyboru, mógłby być interesującym badaniem świadomości społecznej grupy użytkowników (studentów), którzy już przez swoją wiedzę powinni mieć wysokie poczucie wagi oszczędności energii.
5. W obu modelach Autor uzyskał bardzo zbliżone wyniki ilościowe, chociaż nakład pracy na przygotowanie każdego z nich i efektywność obliczeniowa różnią się bardzo. Autor nie przeprowadził oceny zalet obu modeli i nie wskazał na ich cechy umożliwiające czytelnikom wybór jednego z nich do prowadzenia własnych badań.
 6. Jaki wpływ na działanie modeli i przedstawione wytyczne miałyby zastosowanie źródeł światła o silnie nieliniowej charakterystyce zależności mocy pobieranej od strumienia świetlnego?
 7. Jaki wpływ może mieć nieuwzględnienie strumieni światła pochodzących od monitorów komputerów? Czy wykorzystanie ręczne lub automatyczne funkcji regulacji jasności monitorów może mieć jakikolwiek wpływ na zużycie energii, i czy powinno być polecane użytkownikom, np. w ramach kodeksu „dobrego oświetlenia” obejmującego ergonomię i zużycie energii?
 8. W pracy wyeliminowano wpływ oświetlenia naturalnego i wpływu temperatury na indywidualny wybór intensywności oświetlenia w zależności od naświetlenia i ogrzewania miejsc pracy w zależności od odległości od fasady budynku, głównie okien. Jak Autor ocenia wpływ tych czynników na potencjał ograniczenia zużycia energii na oświetlenie?
 9. Dyskusja opisana w podrozdziale „Rezultaty walidacji modelu (str. 116-118) jest bardzo pobieżna i nie daje wskazówek co do przyszłych działań mogących polepszyć uzyskane wyniki (dokładniejszy pomiar natężenia światła i polepszenie dokładności modelu), o ile takie polepszenie jest, według Autora, potrzebne z praktycznego punktu widzenia użytkowników.
 10. Pomimo że, zagadnienia efektywności ekonomicznej nie były w zakresie pracy, to oszacowanie potencjału ekonomicznego w porównaniu do wykazanego potencjału technicznego, byłoby istotną wskazówką dla zarządców budynków i inwestorów przy podejmowaniu jakichkolwiek działań zmierzających do obniżenia zużycia energii przez modernizowane lub nowe instalacje oświetleniowe.
 11. Czy Autor widzi możliwość wykorzystania wyników swoich wyników w pracy normalizacyjnych dotyczących techniki świetlnej?
 12. W rozdziale 2.1 Autor powinien precyzyjnie podawać, kiedy mówi o energii pierwotnej.
 13. Zmienna na rys. 71 jest wartością dyskretną i powinna być przedstawiona w postaci dyskretnej a nie linii ciągłej.

6. Wniosek końcowy

Przedstawiona praca jest oryginalnym rozwiązaniem zagadnienia naukowego mieszczącego się w zakresie dyscypliny naukowej Elektrotechnika (obecnie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika).

Reasumując stwierdzam, że praca mgr. inż. Mirosława Dechnika spełnia wymagania *Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. (z póź. zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* i wnoszę o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.

Jednocześnie biorąc pod uwagę poziom naukowy pracy, wiedzę, umiejętności i kompetencje wykazane przez Autora przy rozwiązywaniu problemu naukowego stawiam wniosek o wyróżnienie rozprawy.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. K. D.', written in a cursive style.