



Lublin, 19.07.2021 r.

dr hab. inż. Piotr Miller, prof. uczelni



## Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Karola Filipa Kurka

### **„Tester czasu rzeczywistego wykorzystujący platformę Matlab/Simulink jako środek umożliwiający sprawdzenie urządzeń i układów automatyki zgodnych z IEC 61850”**

Promotor pracy: dr hab. inż. Łukasz Nogal, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Ryszard Kowalik, prof. uczelni

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej z dnia 18 maja 2021 r. oraz pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej Pana Profesora Tomasza Stareckiego z dnia 24 maja 2021 r.

## 1 Wybór tematu rozprawy

„Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa odgrywa ważną rolę w systemie elektroenergetycznym.” Jest to pierwsze zdanie zaczerpnięte ze wstępu do niniejszej rozprawy, które można znaleźć także w większości podręczników z zabezpieczeń. Jest to zdanie, z którym trudno się nie zgodzić. Od automatyki zabezpieczeniowej, od jej poprawnej pracy, zależy ciągłość dostawy energii elektrycznej do odbiorców, możliwość zminimalizowania skutków awarii czy też szybkiego przywrócenia systemu do stanu pracy normalnej po eliminacji zakłócenia.

Warto tutaj zauważyć, że elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa zmieniała się na przestrzeni lat i zmienia się nadal. I chociaż nadal uczymy studentów „klasycznych” zabezpieczeń, chociaż nadal podstawą nauczania są świetne podręczniki prof. Żydanowicza, w których przecież nikt nie znajdzie nic na temat zabezpieczeń cyfrowych, to trzeba zauważyć, że jesteśmy w trakcie rewolucyjnych zmian, które wcześniej czy później zmienią nasze podejście do elektroenergetycznej

automatyki zabezpieczeniowej. Podstawą tych zmian jest standard IEC 61850 opracowany i wydany w 2004 roku a przede wszystkim jego druga edycja z roku 2011.

Podobnie jak w przypadku każdej rewolucji nie wszyscy są zwolennikami nowych porządków. Szczególnie energetyka zawodowa podchodzi z rezerwą do zmian, które standard IEC 61850 wprowadza w zakresie obwodów wtórnych. Przykłady rzeczywistych wdrożeń rozwiązań opartych na tym standardzie dostarczają zarówno pozytywnych sygnałów, jak również odsłaniają szereg problemów, które nadal czekają na rozwiązanie. Tym niemniej wszystko wskazuje na to, że zmierzamy w kierunku stacji cyfrowych, w których klasyczne zabezpieczenia zostaną zastąpione terminalami cyfrowymi, systemami i protokołami komunikacji i transmisji danych z synchronizacją czasu oraz testerami czasu rzeczywistego. Recenzowana praca wpisuje się bardzo dobrze w tą rewolucję.

Biorąc powyższe pod uwagę uznaję tematykę rozprawy za ważną, aktualną oraz wybraną prawidłowo, zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym.

## 2 Ogólna ocena rozprawy

Opiniowana rozprawa zawiera 189 stron tekstu wraz z ilustracjami, wzorami, spisem literatury obejmującym 139 pozycji oraz wykazem symboli i skrótów.

Część główna rozprawy podzielona została na pięć rozdziałów, do tego doliczyć trzeba dwa rozdziały: jeden omawiający możliwości prowadzenia dalszych badań, drugi rozdział z podsumowaniem i wnioskami. W rozdziale pierwszym, wprowadzającym, omówiono rolę elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, określono jej cele oraz drogę rozwoju prowadzącą do urządzeń zgodnych ze standardem IEC 61850 oraz konieczności ich testowania w układach czasu rzeczywistego. Na tezę rozprawy należy jednak poczekać aż do rozdziału 4 (podrozdział 4.4 na str. 107). Nie jest to często spotykana praktyka w pracach doktorskich, moim zdaniem świadczy to jednak o tym, że Autor rozprawy bardzo poważnie podszedł do przeglądu literatury, omówienia stosowanych rozwiązań ich zalet i wad, nim zdecydował się na zaprezentowanie swoich celów i zamierzeń. Teza rozprawy brzmi następująco: *„Możliwe jest opracowanie i wykonanie platformy testera automatyki czasu rzeczywistego zgodnego z IEC 61850 opartej o oprogramowanie otwarto-źródłowe przeznaczonej na popularne komputery PC z procesorami o architekturze Intel x86”*. Sposób sformułowania tezy uważam za prawidłowy, nie licząc tego, że biorąc pod uwagę redakcyjną stronę pracy zabrakło w niej kończącego cudzysłowu.

Przegląd literatury, obejmujący zagadnienia związane z cyfrową elektroenergetyczną automatyką zabezpieczeniową, standardem IEC 61850, modelowaniem systemów czasu rzeczywistego oraz systemami komunikacyjnymi został przeprowadzony rzetelnie. Najstarsza pozycja w wykazie literatury datowana jest na rok 1989, najnowsza pochodzi z roku 2021. Pięć pozycji literaturowych powstało przy udziale Autora rozprawy.

W rozdziale drugim Autor rozprawy omówił zasadnicze różnice pomiędzy klasycznymi obwodami wtórnymi oraz obwodami wtórnymi wykorzystywanymi w stacjach cyfrowych. Bardzo dużo miejsca Autor poświęcił na omówienie standardu IEC 61850, dzięki któremu możliwa stała się praktyczna realizacja stacji cyfrowych. W rozdziale omówiono także topologię sieci w stacji cyfrowej, metody synchronizacji czasu oraz urządzenia pomiarowe stosowane w stacjach cyfrowych.

Rozdział trzeci rozprawy poświęcony jest doświadczeniom eksploatacyjnym i wdrożeniowym urządzeń zgodnych ze standardem IEC 61850 oraz stacji półcyfrowych i stacji w pełni cyfrowych w kraju i na świecie. Autor podał przykłady takich realizacji, omówił problemy jakie napotkano w trakcie wdrażania i późniejszej eksploatacji oraz sposoby na uniknięcie tych problemów, które Autor rozprawy podał w formie zaleceń projektowych dla stacji cyfrowych. Bardzo ciekawą częścią tego rozdziału jest wieloaspektowa analiza porównawcza wykonana dla dwóch stacji WN/SN oraz NN/WN w wykonaniu półcyfrowym i w pełni cyfrowym.

Rozdział czwarty oprócz tezy rozprawy prezentuje przegląd światowej literatury związanej z tematyką testowania urządzeń automatyki zabezpieczeniowej. Autor omawia tutaj rodzaje testów wykonywanych na urządzeniach EAZ, dostępne na rynku komercyjne testery automatyki oraz symulatory czasu rzeczywistego, zarówno komercyjne jak i prezentowane w publikacjach naukowych. Prezentacja tych ostatnich, zwłaszcza w kontekście udostępniania interfejsów dla urządzeń zgodnych ze standardem IEC 61850, ma w rozprawie charakter krytycznego przeglądu, który prowadzi ostatecznie do sformułowania tezy rozprawy.

Rozdział piąty to opis zaproponowanego i zbudowanego przez Autora rozprawy symulatora czasu rzeczywistego, który może posłużyć do testowania urządzeń EAZ zgodnych ze standardem IEC 61850. W poszczególnych podrozdziałach zaprezentowano i uzasadniono wybór platformy uruchomieniowej, omówiono poszczególne komponenty sprzętowe i programowe symulatora, zaproponowano sposób synchronizacji czasu i sprawdzono jej dokładność oraz przeprowadzono testy funkcjonalne poszczególnych komponentów symulatora oraz testy zgodności ze standardem IEC 61850. Ostatni podrozdział to opis kompletnego rozwiązania symulatora czasu rzeczywistego oraz prezentacja wyników pełnych testów symulatora przeprowadzonych w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego.

Dwa ostatnie rozdziały rozprawy to dyskusja na temat możliwości prowadzenia dalszych badań w temacie symulatorów czasu rzeczywistego zgodnych ze standardem IEC 61850 oraz podsumowanie i wnioski, w których znalazło się stwierdzenie, że w pracy osiągnięto założone cele i tym samym teza została udowodniona. Autor pracy wskazał także te elementy pracy, które uważa za wkład własny w rozwój dyscypliny elektrotechnika (obecnie automatyka, elektronika i elektrotechnika).

Moja ogólna ocena rozprawy, jej struktury oraz merytorycznej zawartości jest pozytywna.

### 3 Uwagi szczegółowe i krytyczne

Autor rozprawy nie ustrzegł się niestety błędów redakcyjnych. Typowych błędów redakcyjnych, tzw. „literówek”, jest stosunkowo niewiele. Poniżej kilka przykładów:

Na str. 3, akapit 1 od góry, jest: „Na świecie pojawiły się pierwsze instalacje i pozytywne doświadczenia we wdrożeniu tzw. stacji cyfrowych, cechujących się całkowitą transformacją obwodów wtórnych stacji **na w** cyfrową wymianę danych.”. Powinno pozostać „**na**”.

Na str.10, punkt 4 od dołu, jest: „system sterowania i nadzoru (pomiarów prądów napięć i mocy, **zbierane** danych...”. Powinno być: „**zbieranie**”.

Na str. 17, akapit 1 od góry, jest: „Standard daje możliwość całkowitego **odejście** od wykorzystania sygnałów elektrycznych, ...”. Powinno być „**odejścia**”.

Na str. 19, akapit 2 od góry, jest: „Standard IEC 61850 definiuje pewną pulę właściwości, dotyczących każdego rzeczywistego elementu stacji **elektroenergetyczne**.” Powinno być „**elektroenergetycznej**”.

Na str. 23, akapit 2 od góry, jest: „Część **60850-8-1** standardu opisuje mapowanie modelu danych do protokołu MMS (Manufacturing Message Specification), TCP/IP i Ethernet.” Powinno być: „**61850-8-1**”

Na str. 24, akapit 4 od góry, jest: „**Opcjonalną sekcja** są parametry komunikacyjne zawierające domyślne adresy urządzenia IED.” Powinno być: „**Opcjonalną sekcją** ...”

Na str. 25, akapit 1 pod rysunkiem, jest: „...schematu **jedno-kreskowego** i wymaganych przez nią węzłów logicznych...” Myślę, że słowo „**jednokreskowego**” może być pisane razem.

Na str, 27, akapit 1 nad rys. 2.8, jest: „Drugim sposobem jest nazewnictwo funkcjonalne (ang. functional naming) **gdzie** początkiem nazwy referencji jest topologia stacji.” Brak przecinka przed „gdzie”. Na str. 32, akapit 3 od dołu, jest: „Czas przetwarzania zdefiniowany przez standard jest czasem **w którym** zawiera się:” Brak przecinka przed „w którym”.

Na str.44, akapit 1 od dołu, jest: „Wiadomości w sieci PRP są przesyłane **dwoma** drogami jednocześnie – informacja, która zostanie odebrana wcześniej...”. Powinno być „**dwoma**”.

Na str.46, akapit nad rys.2.17, jest: „Szyna stacyjna przeznaczona jest dla pozostałych usług o niższych wymaganiach czasowych oraz dla komunikacji **między-polowej**.” Nie wiem, skąd pomysł, by pisać to z myślnikiem. Uważam, że słowo „międzypolowej” pisane razem jest poprawne. Chociaż edytor tekstu faktycznie zgłasza tutaj błąd.

Na str.58, akapit 2 od góry, jest: „Napięcie górne **stacji– 60 kV**.” Zabrakło spacji przed myślnikiem.

Na str.59, akapit 3 od góry, jest: „Zauważono dwa **problemy po wyeliminowaniu, których** komunikacja ta nie przysporzyła więcej problemów:”. Przecinek w niewłaściwym miejscu.

Na str. 146, akapit 2 od góry, jest: „Drugim wariantem testowym jest model przedstawiony na **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**, rozbudowany o kolejne linie, **źródła** i odbiory.” Powinno być: „źródła”.

To są tylko przykłady błędów redakcyjnych. Tak jak wspomniałem, nie ma ich dużo, więc nie będę ich dalej przytaczał.

Autor często pisze o „**ilości**” w stosunku do zbiorów, które są wyraźnie policzalne. Np. na stronie 13 Autor pisze: „Na czas dostarczenia wiadomości połączenia szeregowego wpływa **ilość** urządzeń IED współdzielących dany kanał, **ilość** danych które transmitują oraz czas przetwarzania każdego urządzenia.”. O ile drugie zastosowanie słowa ilość (zaznaczone pogrubioną kursywą) jest poprawne, o tyle odniesienie do urządzeń IED powinno mieć formę: „**liczba** urządzeń IED”.

Dalej na str. 14 Autor wspomina o „ilości koncentratorów”, na str. 36 i 37 o „ilości próbek”, na str. 38 o „ilości jednostek ASDU”, „ilości zestawów próbek” oraz „ilości kanałów pomiarowych”, itd. Słowo **liczba** także występuje w rozprawie, np. znowu na str. 37 mamy „liczba jednostek ASDU”. Wygląda na to, że Autor stosuje te słowa zamiennie, co nie powinno mieć miejsca.

Moją wątpliwość budzi stosowanie przecinka przed odwołaniem do literatury. Rzuciło mi się to w oczy w podpisach pod rysunkami, gdzie można zauważyć, np.:

Rys. 2.1. Schemat blokowy obwodów wtórnych pola linii NN, [1]

Przyznam, że nie spotkałem się dotąd z taką formą, sam również jej nie stosuję. Natomiast Autor dość konsekwentnie trzyma się tej konwencji, zwłaszcza w podpisach pod rysunkami.

Chociaż na str. 12 mamy: „Rys. 2.2. Schemat blokowy układu sterowania stacji NN [1]”.

Niestety w tekście rozprawy bywa już różnie. Jeżeli odwołanie do literatury występuje na końcu zdania lub przed dwukropkiem, wówczas zwykle przed odwołaniem pojawia się przecinek. Ale na str. 16, akapit 1 od góry mamy:

„których rozwiązanie stanowiło początek prac nad nowymi standardami telekomunikacyjnymi dla stacji [1]:”

Także w nagłówku tabeli 2.3 przecinka brakuje:

Tab. 2.3. Struktura standardu IEC61850 [1]

Z kolei na str. 21, akapit 1 od dołu mamy:

„Odmienną strukturą składającą się na model danych jest blok sterowania (control block) [5].”

Jeżeli odwołanie występuje w środku zdania, przecinka zwykle nie ma, ale i tutaj można znaleźć wyjątki. Nie czuję się kompetentny by rozstrzygnąć, czy zaprezentowana w pracy forma jest poprawna, czy nie, ale raz przyjęta powinna być stosowana konsekwentnie.

Konsekwencji brakuje w powoływaniu się na terminy anglojęzyczne. Duża kumulacja takich terminów występuje na str. 18, gdzie mamy odwołania w stylu: „CDC (ang. Common Data Classes)”, ale także: „MMS (Manufacturing Messaging Specification). Osobiście preferuję formę ze skrótowym określeniem języka, z którego wywodzi się termin (ang.), ale przede wszystkim oczekuję konsekwencji w jego stosowaniu (bądź niestosowaniu).

Standard IEC 61850 pisany raz ze spacją, innym razem w formie IEC61850, np. na str.19, też wykazuje brak konsekwencji Autora.

Kolejna niekonsekwencja to format i interpunkcja stosowana w zdaniach z punktoremami. Na str. 59 można zaobserwować niemal wszystkie możliwe konfiguracje. Pierwsze wyliczenie (akapit 1 od góry) to prawidłowe zdanie wprowadzające zakończone dwukropkiem, po czym (także prawidłowo) zdania we wszystkich punktach zaczynają się małą literą, poszczególne punkty zakończone są przecinkami a ostatni kropką. Tak to właśnie powinno wyglądać. Tymczasem następne wyliczenie, o bardzo podobnej strukturze, czyli ze zdaniem wprowadzającym zakończonym dwukropkiem, ma już inną budowę. Każdy punkt zaczyna się dużą literą i kończy kropką. W następnym wyliczeniu, na tej samej stronie, każdy punkt zaczyna się dużą literą, ale kończy przecinkiem (z wyjątkiem ostatniego

zakończonego kropką). Na tej stronie widać to zróżnicowanie bardzo wyraźnie, ale przewija się ono w całej rozprawie.

W rozprawie występują tabele, np. Tab. 2.1., Tab. 2.2, które nie mieszczą się na jednej stronie. W takich przypadkach dobrą praktyką jest powtórzenie pierwszego wiersza tabeli (nagłówkowego) na kolejnej, bądź kolejnych stronach. Edytory tekstów, w tym MS Word, posiadają mechanizm umożliwiający powtórzenie wybranych wierszy tabeli jako wierszy nagłówkowych na kolejnych stronach tekstu.

W strukturze rozprawy można znaleźć podrozdziały, np. 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 itd. Dlaczego tych podrozdziałów nie ma w spisie treści?

Sporym mankamentem pracy jest interpunkcja. Autor wykazuje coś, co ja osobiście nazywam „nadprzecinkowością”. Ilustruje to poniższe zdanie zaczerpnięte ze str. 14:

„W przypadku niewielkich systemów z małą ilością węzłów, cechujące się niską szybkością, łąca szeregowo dla systemów sterowania, są wystarczające do spełnienia stawianych im wymagań funkcjonalnych.” Jaką rolę pełni przecinek postawiony przed „są”? Warto jeszcze wskazać, że: „... **systemów z małą liczbą węzłów, cechujących się ...**”.

Na str. 15, wiersz 2 tabeli 2.2: „Sieć stacyjna Ethernet w połączeniu z szybkim cyfrowym łączem do centrum nadzoru, znacznie zwiększa dostępną przepustowość kanałów telekomunikacyjnych.” Jaką rolę pełni przecinek przed „znacznie”?

Na tej samej stronie, ostatni wiersz tabeli 2.2” „Duża przepustowość łączy oraz możliwość współużytkowania wielu protokołów, powodują, że wykorzystanie dodatkowego portu serwisowego, może być potrzebne jedynie na czas konfiguracji urządzenia IED.” Są tutaj trzy przecinki, podczas gdy ja wstawiłbym tylko jeden, przed „że”. Podobnych przykładów można wskazać więcej.

Oczywiście są miejsca, gdzie brakuje przecinków, np. na str. 59, akapit 2 od góry, gdzie jest: „Po uruchomieniu koncentratorów SSiN oraz stanowisk HMI, przystąpiono do kolejnej fazy **testów podczas której** zauważono kolejne problemy:”.

Pomimo powyższych uwag chcę jeszcze raz podkreślić, że błędów redakcyjnych w pracy nie ma dużo. Należy zatem stwierdzić, że Autor potrafi redagować teksty techniczne i odbiór całości rozprawy jest pod względem redakcyjnym jak najbardziej pozytywny.

Poniżej kilka uwag o charakterze ogólnym i dyskusyjnym:

- Nie wiem, czy powinienem pisać o czytelności rysunków, przyznając się jednocześnie, że moje oczy to już nie to co kiedyś. Rysunek 2.1, bardzo rozbudowany, z opisami, w wersji książkowej jest dla mnie kompletnie nieczytelny. Dzięki uprzejmości Autora rozprawy otrzymałem jej wersję elektroniczną, w której mogłem odpowiednio powiększyć rysunek i stwierdzić, że jest bardzo dobrej jakości. Zdaję sobie sprawę, że trudne jest wkomponowanie dużych rysunków w ograniczony format B5 i jest to dylemat trudny do rozstrzygnięcia: czy zrezygnować z wstawiania dużych rozbudowanych rysunków w małe formaty druku, czy wstawiać je pomimo tego, że ich czytelność będzie ograniczona. Ale robiąc ukłon w stronę recenzentów można było powiększyć, np. rys. 2.3 i każdy inny, w przypadku, gdy jest miejsce na jego powiększenie.
- W rozdziale drugim oprócz omówienia standardu IEC 61850 dużo miejsca poświęcono stacjom cyfrowym (topologia sieci, synchronizacja czasu, pomiary). W rozdziale trzecim można znaleźć doświadczenia eksploatacyjne i wdrożeniowe stacji cyfrowych. Spodziewałem się gdzieś (chyba właśnie w rozdziale trzecim) choćby wzmianki o pierwszej wdrożonej w Polsce stacji cyfrowej w Obornikach Śląskich. Oczywiście to nie jest zagadnienie będące w centrum tematyki rozprawy, tym niemniej w kontekście doświadczeń eksploatacyjnych i wdrożeniowych stacji cyfrowych warto by było odnieść się do realiów krajowych. Czy Autor ma jakiś pogląd na temat tej realizacji?
- Czym różnią się rysunki 3.8 oraz 3.9 na stronie 76?
- Zastosowana przez Autora platforma uruchomieniowa bazuje na systemie operacyjnym Linux oraz poprawce czasu rzeczywistego dedykowanej dla systemu Linux. Autor wskazuje na źródła opóźnień, z którymi należy się liczyć korzystając z takiej platformy systemowej, wskazuje także na możliwość redukcji tych opóźnień. Całość sprawia wrażenie, że jest to zagadnienie dość skomplikowane. Czy zastosowanie „prawdziwego” systemu czasu rzeczywistego w miejsce Linuxa nie uprościłoby implementacji platformy uruchomieniowej?
- W pracy można znaleźć opisy komercyjnych testerów zabezpieczeń oraz komercyjnych symulatorów czasu rzeczywistego. Zaproponowane w rozprawie rozwiązanie będzie z pewnością bardziej przystępne cenowo niż rozwiązania komercyjne, nie jest jednak rozwiązaniem „pod klucz”, które można zaoferować potencjalnym nabywcom. Autor opracowując swoją wersję symulatora musiał rozwiązać wiele problemów, skorzystać w tym celu z wielu narzędzi i komponentów. Świadczy to bardzo pozytywnie o umiejętności prowadzenia pracy naukowej i rozwiązywania napotkanych problemów, ale symulator, który powstał w wyniku tej ogromnej pracy bardziej posłuży naukowcowi niż specjalście od



zabezpieczeń w spółce energetycznej. Czy Autor widzi szansę, by rozwiązanie to mogło stać się kiedyś takim rynkowym narzędziem i co należałoby zrobić, by taka szansa się pojawiła.

Powyższe uwagi traktuję jako dyskusyjne i pozostające bez wpływu na moją, pozytywną ocenę rozprawy.

#### **4 Uwagi końcowe, podsumowanie, spełnienie wymogów ustawowych**

Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki wymaga, aby rozprawa doktorska stanowiła oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Opiniowana rozprawa według mnie spełnia to wymaganie. Zgodnie z wymogami Ustawy Doktorant, mgr inż. Karol Kurek, wykazał się wiedzą, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz umiejętnością prowadzenia badań i przedstawienia ich wyników.

Lista istotnych osiągnięć rozprawy, które powinny być uznane za oryginalny dorobek Doktoranta zawiera następujące, najistotniejsze elementy:

- opracowanie zoptymalizowanego środowiska uruchomieniowego zgodnego ze standardem IEC 61850,
- opracowanie metod oceny działania środowiska uruchomieniowego w zakresie synchronizacji czasu, opóźnień w uzyskiwaniu czasu procesora i czasu przetwarzania danych procesowych IEC 61850,
- opracowanie sposobu działania i wykonanie otwartego, modyfikowalnego rozwiązania symulatora czasu rzeczywistego, pozwalającego na przeprowadzenie symulacji czasu rzeczywistego na wykonanej platformie uruchomieniowej, w tym modułów programowych Sampled Values i GOOSE, metody synchronizacji czasu oraz interfejsów usług Sampled Values i GOOSE.

Doktorant w rozprawie zmierza konsekwentnie do realizacji jej celu i udowodnienia postawionej we wstępie tezy. Pomimo drobnych mankamentów wykład jest jasny i czytelny, zawiera także wszystkie istotne elementy: genezę, tezę, krytyczny przegląd aktualnego stanu wiedzy, sformułowanie problemu, jego rozwiązanie, prezentację wyników w tym wyników rzeczywistych testów przeprowadzonych w pętli sprzężenia zwrotnego, podsumowanie oraz wykaz literatury.

Biorąc pod uwagę przedstawioną powyżej ocenę stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr. inż. Karola Kurka odpowiada wymaganiom ustawowym stawianym przed rozprawami doktorskimi (Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. – Dz. U. nr 65, poz. 595 z dnia 16 kwietnia 2003 r. z późniejszymi



zmianami) oraz stanowi cenny wkład w rozwój dyscypliny naukowej elektrotechnika (obecnie automatyka, elektronika i elektrotechnika) i wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Z poważaniem

