

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej  
prof. dr hab. inż. Waldemara Rebizanta, na podstawie uchwały Rady Wydziału Elektrycznego PWR  
z dnia 8 lipca 2019 r.

**TYTUŁ ROZPRAWY:**                    **Wpływ zaburzeń przewodzonych w zakresie do 150 kHz występujących w sieciach elektroenergetycznych na skuteczność transmisji PLC**

**AUTOR ROZPAWY:**                    mgr inż. Marek Wąsowski

**PROMOTOR ROZPRAWY:**            dr hab. inż. Tomasz Sikorski, prof. PWR

**PROMOTOR POMOCNICZY:**        dr hab. inż. Marcin Habrych, prof. PWR

### 1. Cel badań — teza rozprawy; ocena dobranych źródeł literatury

Podjęty przez Doktoranta temat pracy doktorskiej wpisuje się w „cyfryzację sieci energetycznych”, a w szczególności wykorzystania ich jako niezawodnego medium telekomunikacyjnego. Wyniki niniejszej pracy stanowią istotny wkład w poprawę działania zaawansowanych systemów pomiarowych AMI (Advanced Metering Infrastructure), które do transmisji danych wykorzystują coraz częściej przewody elektryczne, znane jako technologia Power Line Communication (PLC). W ostatnim okresie technologia ta cieszy się coraz większym zainteresowaniem, ze względu na instalację dużej ilości cyfrowych liczników energii oraz prosumenckich instalacji wytwarzających energię. Praktyczne aplikacje pokazują, że najpoważniejszym problemem w eksploatacji systemów PLC są zaburzenia przewodzone, które często blokują pracę tych systemów. Mimo intensywnych badań, których wyniki prezentowane są w literaturze, wiele aspektów w obszarze najważniejszych metod poprawy parametrów związanych ze skutecznością komunikacji, nie zostało jeszcze przebadanych, a wiele publikowanych wyników jest dyskusyjnych. Doktorant postawił sobie jako **cel pracy**: poznanie, zbadanie i klasyfikację cech zaburzeń przewodzonych występujących w sieciach elektroenergetycznych w zakresie częstotliwości 2–150 kHz oraz ocenę ich wpływu na skuteczność transmisji PLC w infrastrukturze pomiarowo-rozliczeniowej energii elektrycznej, a także opracowanie środków zaradczych mających na celu zmniejszenie, a nawet wyeliminowanie ich negatywnego oddziaływania na poprawną wąskopasmową komunikację.

*Biorąc powyższe pod uwagę Doktorant sformułował następującą tezę rozprawy:*

**„Określenie parametrów widmowych zaburzeń przewodzonych towarzyszących transmisji PLC w pasmie do 150 kHz, w odniesieniu do parametrów technicznych sieci elektroenergetycznej, pozwoli na klasyfikację czynników mogących mieć wpływ na skuteczność transmisji oraz zaproponowanie środków zaradczych”.**

Po dokonaniu obszernego przeglądu wiedzy dotyczącego niniejszej rozprawy, w celu udowodnienia tezy głównej, doktorant sformułował dodatkowo tezy pomocnicze dotyczące: **zbioru parametrów technicznych sieci energetycznej mających wpływ na skuteczność transmisji PLC, zbioru parametrów widmowych zaburzeń przewodzonych, klasyfikacji czynników**

## **wplywajacych na skutecznosc waskopasmowej transmisji PLC, zdefiniowania srodkow zaradczych w zakresie zmniejszenia negatywnego wplywu tych czynnikow na transmisje PLC.**

W moim przekonaniu, temat rozprawy, jej teza glowna i tezy pomocnicze, cele badawcze i zakres pracy zostaly sformulowane prawidlowo. Oceniana rozprawa ma charakter teoretyczno-eksperymentalny i praktyczny oraz charakteryzuje ja interdyscyplinarnosc w takich obszarach badawczych, jak: elektrotechnika, telekomunikacja oraz energetyka.

### **Analiza zrodel i formuLOWanie z niej wnioskow.**

Doktorant cytuje w rozprawie 143 pozycji literatury, z ktorych zdecydowana wiekszosc ze wzgledu na aktualnosc poruszanych zagadnień została opublikowana w ostatnich latach i ma zasięg swiatowy. Obszar tematyczny zrodel jest odpowiedni do realizacji celow rozprawy, a wyciagniete przez Doktoranta wnioski swiadcza o jego rozleglej, interdyscyplinarnej wiedzy w zakresie rozwiazywanych w rozprawie problemow.

## **2. RozwiAZanie postawionego zadania, ocena poprawnosci przyjetych metod i zalozen**

Udowodnienie tezy glownej i tez pomocniczych oraz realizacja celu rozprawy, wymagaly zaplanowania szczegolowego zakresu rozprawy, obejmujacego odpowiednia strukture pracy i metody badawcze. Jako glowna w pracy metoda badan, Doktorant przyjal metode klasyczna, stosowana w naukach technicznych – metode analizy i konstrukcji logicznej. W wyniku analizy caly problem naukowy zostal podzielony na elementy skladowe, ktore zostaly oddzielnie poddane badaniu. Na podstawie wynikow badan i wnioskow, doktorant podal sposob rozwiAZania problemow, a w szczegolnosci sposoby zmniejszenia negatywnego odziaływania zaburzen przewodzonych w sieci niskiego napiecia, majacych negatywny wplyw na komunikacje PLC w infrastrukturze pomiarowo – rozliczeniowej energii elektrycznej.

Praca liczy ogolem 248 stron i sklada sie z osmiu rozdzialow. **Rozdzial pierwszy** (liczy 36 stron) to przeprowadzone gruntowne studium literatury w zakresie badan skutecznosci transmisji PLC w sieciach elektroenergetycznych niskiego napiecia. Doktorant przedstawil nie tylko historyczny rozwój technologii umozliwiajacych transmisje danych liniami zasilajacymi, ale rowniez charakterystyke poszczegolnych technologii wykorzystywanych obecnie przez operatorow sieci dystrybucyjnych. **Rozdzial 2** (22 strony) stanowi swoiste kompendium wiedzy w zakresie norm regulujacych transmisje sygnalow w publicznych sieciach zasilajacych w zakresie czestotliwosci 2–150 kHz i okreslajace poziomy emisji zaburzen oraz przedstawil poziom wiedzy dotyczacej kompatybilnosci elektromagnetycznej w sieciach nN dla tego zakresu.

Glowny merytoryczny dorobek badawczy Doktoranta zawarty jest w rozdzialach trzecim, czwartym, piątym oraz szóstym (razem rozdzialy licza 137 stron). **W rozdziale trzecim**, wykorzystujac zbudowany w MATLAB Simulink model sieci niskiego napiecia zaimplementowano transmisje PLC i przeprowadzono badania symulacyjne wplywu tlumienosci linii oraz wplywu zaburzen od przykladowego odbiornika energoelektronicznego na transmisje sygnalow PLC.

**W rozdziale czwartym** doktorant przedstawil wyniki badan wplywu tlumienosci linii oraz udzialu odbiornikow w modelu rzeczywistym sieci nN (odleglosc licznik–koncentrator 300m) na transmisje rzeczywistego systemu PLC w technologiach PRIME i OSGP. **W rozdziale piątym** Doktorant na podstawie przeprowadzonych badan eksploatacyjnych (w TAURON Dystrybucja SA) przedstawil wyniki analiz widmowych oraz ilosciowych i jakoosciowych dla 260 przypadkow zakloceń transmisji danych, w punkcie przylaczenia koncentratora oraz w wybranym zlaczcu, w ktorym zidentyfikowano odbiornik bledacy zrodlem zaburzenia. **W rozdziale szóstym** przedstawione zostaly badania skutecznosci transmisji wybranej technologii PLC PRIME z obciazeniem zrodlatmi swiatla LED, CFL oraz silnikiem asynchronicznym zasilanym przez przemiennik czestotliwosci oraz badania wplywu odkształcenia napiecia zasilajacego w pasmie

0 -2 kHz na emisję zaburzeń wybranych odbiorników w zakresie 2-150 kHz . W **rozdziale siódmym i ósmym** Doktorant zawarł syntezę zaprezentowanych w pracy wyników badań i przedstawił wnioski końcowe z pracy doktorskiej.

Na podstawie przeprowadzonej analizy przedstawionego w pracy doktorskiej materiału stwierdzam, że Doktorant, aby rozwiązać zdefiniowane w zakresie rozprawy zadania badawcze, przyjął właściwe założenia i użył do ich realizacji adekwatnych metod badawczych.

### **3. Oryginalność rozprawy i samodzielny dorobek Doktoranta**

Praca niniejsza powstała w wyniku prac wykonywanych samodzielnie przez Autora, jak również w trakcie realizowanych, z udziałem Autora, badań i projektów Politechniki Wrocławskiej.

- Ważnym elementem pracy są wyniki badań prowadzonych w rzeczywistej sieci nN przy współpracy z TAURON Dystrybucja SA oraz TAURON Dystrybucja Pomiary Sp. z o.o.
- Badania przedstawione w szczególności w rozdziałach 4, 5 i 6 i wyciągnięte z nich wnioski są bardzo interesujące, a podobnych wyników badań nie sposób znaleźć w literaturze.
- Na szczególne uznanie zasługuje fakt, że sformułowane przez Doktoranta wnioski mają zastosowanie w praktycznych realizacjach transmisji PLC PRIME. Ma to istotne znaczenie, gdyż operatorzy wdrażający inteligentne systemy licznikowe napotykają na zjawisko zaników transmisji PLC.
- Szczególnie ciekawe, cenne i oryginalne jest spostrzeżenie, że wzrost zawartości harmonicznych w pasmie do 2 kHz może mieć wpływ na wzrost zaburzeń w pasmie 2-150 kHz.
- Doktorant wysunął ważny wniosek, że potrzebna jest harmonizacja norm w zakresie emisji, odporności i kompatybilności elektromagnetycznej.

#### **Do ważniejszych elementów wkładu własnego Doktoranta należą:**

- ✓ rozwinięcie ujęcia sieci elektroenergetycznej, jako kanału transmisji,
- ✓ zaproponowanie zbioru parametrów widmowych, w pasmie do 150 kHz, które w zestawieniu z parametrami technicznymi sieci elektroenergetycznej, mogą mieć wpływ na skuteczność transmisji PLC,
- ✓ opracowanie analiz wyników badań:
  - w modelach symulacyjnym i rzeczywistym, służących do określenia wpływu długości przewodu oraz udziału wybranych odbiorników na skuteczność transmisji PLC,
  - w warunkach laboratoryjnych, wpływu jakości napięcia zasilającego na emisję zaburzeń wybranych odbiorników, w zakresie częstotliwości 2-150 kHz,
- ✓ opracowanie analiz zbioru 260 stwierdzonych w rzeczywistej sieci elektroenergetycznej przypadków zakłóceń transmisji PLC oraz zaproponowanie w oparciu o uzyskane wyniki:
  - klasyfikacji rzeczywistych czynników mających wpływ na skuteczność transmisji PLC w pasmie 2-150 kHz,
  - katalogu środków zaradczych, mających na celu zmniejszenie (wyeliminowanie) negatywnego wpływu zaburzeń przewodzonych na transmisję PLC.

W moim przekonaniu, uzyskane przez Doktoranta i wymienione wyżej, oryginalne osiągnięcia z nadmiarem realizują postawione w rozprawie cele badawcze a ich ważność, w stosunku do aktualnego, reprezentowanego w światowej literaturze stanu wiedzy jest niepodważalna. Świadczy o tym również dorobek Doktoranta, który legitymuje się udziałem w 13 różnych publikacjach ( rozdziały książek, artykuły 1 lista filadelfijska, monografie i referaty konferencyjne) oraz w 17 raportach serii PRE i SPR.

A. M. - 3

#### 4. Poprawność redakcyjna rozprawy, jasność sformułowań, uwagi do dyskusji

Redakcja rozprawy doktorskiej jest poprawna i na ogół staranna. Wkradły się jednak w edycji rozprawy doktorskiej pewne niedociągnięcia związane, na przykład z: nadmiernym podziałem rozprawy na podrozdziały, nieprecyzyjnymi sformułowaniami, nielicznymi błędami składniowymi, literówkami, wynikającymi zwykle z pośpiechu w redagowaniu pracy, a także zapewne także z powodu jej obszernej zawartości merytorycznej (248 stron) i interdyscyplinarności. Pewnym mankamentem pracy jest w wielu miejscach niezbyt dobra jakość graficzna zamieszczonych rysunków i zdjęć.

##### 4.1. Uwagi szczegółowe (38 uwag):

1. Str. 6 – CISPR lepiej by było akronim zastąpić oryginalnym tłumaczeniem skrótu z j. francuskiego.
2. Str. 7 – ang. Open Smart Grid Protocol – czcionka pogrubiona –zamienić na czcionkę normalną.
3. Str. 8 – słowo „akronim” – czcionka pogrubiona –zamienić na czcionkę normalną.
4. Str. 9 – słowo „Polska” – z dużej litery - zastąpić literą małą.
5. Str. 10 – słowo „akronim” – czcionka pogrubiona –zamienić na czcionkę zwykłą.
6. Str. 18 – rys. 1.1 – słabo widoczna linia sygnału, szczególnie w odniesieniu do symboli odbiornika i nadajnika.
7. Str. 19 – błąd literowy 3 wiersz od dołu , powinno być . określana.
8. Str. 19 – rys. 1.2 – Brak odwołania w tekście do rysunku - nie bardzo wiadomo, co oznacza pierwsza część rysunku.
9. Str. 20 – frazę „... rozpoczęto ponad 80 lat temu...” lepiej było by zastąpić bardziej sprecyzowanym i odpornym na upływ czasu sformułowaniem typu np.: „rozpoczęto w latach 30 XX wieku”.
10. Str. 21 – rys. 1.3 – słabo czytelny rysunek.
11. Str. 23 – rys. 1.4 – nie wiadomo jaki rząd wielkości przedstawia oś pionowa, brak źródła literaturowego.
12. Str. 29 –w definicji GFSK użyto sformułowania „fale EM o kształcie krzywej Gaussa” – nie do końca wiadomo o co chodzi w tym sformułowaniu.
13. Str. 35 – linia 3 od dołu, błąd literowy, powinno być: warunków;
14. Str. 37 – rys. 1.16 –w podpisie rysunku powinno być: Synchronizacja.
15. Str. 44 – 3 wiersz od góry, fraza „coraz częściej” występuje dwa razy po sobie.
16. Str. 46 – rys. 1.25 – nieczytelne opisy osi.
17. Str. 49 - w zdaniu „ ... 950 tys.. W Polsce ..” –dużą literę „W” zastąpić literą małą „w”. wiersz 6 od dołu,( patrz Rys.1.30) – odniesienie nie ma związku z rysunkiem
18. Str. 51 – w tekście wiersz 10 od góry: „ .. we Włoszech wymieniono 24,6 mln. liczników” – wyraz „liczników” powtarza się dwa razy po sobie.
19. Str. 53 – w zdaniu „W warstwie fizycznej i łączy danych komunikację: licznik – koncentrator oparto protokół...” – brakuje przyimka „o”.
20. Str. 55 – Zdanie „Sygnały transmisji sygnałów PLC traktowane są jako sygnały sygnalizacyjne ...” – nie bardzo jest jasna treść tego zdania.
21. Str. 56 – w zdaniu „... w publicznych sieciach zasilających oraz normy określający poziomy ...” – słowo „określający” zamienić na „określające”.



22. Str. 57 – w zdaniu „Przepisy Kodeksu określają normy (limity) odporności na zaburzeń promieniowane ...” – słowo „zaburzeń” zamienić na „zaburzenia”.
23. Str. 61 – w zdaniu „emisja z mierzona dla danego urządzenia ...” – wyrazy „z mierzona” zastąpić słowem „zmierzona”.
24. Str. 64 – zdanie „Natomiast najwyższe wartości poziomów transmisji (emisji intencjonalnej) w zakresie 3-95kHz dopuszczę norma EN 50160.”, bardziej klarowne byłoby stwierdzenie „Norma EN 50160 dopuszcza najwyższe wartości poziomów transmisji (emisji intencjonalnej) w zakresie 3-95 kHz.”
25. Str. 73 – 6 wiersz od dołu: w zdaniu „... działania promieniowanych zaburzeń innego USP ...” – skrót „USP” zastąpić skrótem „UPS”.
26. Str.79 – SN/nn zastąpić SN/nN - 4 wiersz od dołu
27. Str. 82 – rys. 3.6 nieczytelny
28. Str.83 – 4 wiersz od góry „przyłączenia” zastąpić „przyłączenia”
29. Str. 84 –w 4 wierszu od dołu jest stwierdzenie, że zostanie przedstawione równanie definiujące bitową stopę błędu (wykorzystywane dalej w obliczeniach), natomiast w tekście zabrakło tego równania.
30. Str.91 – 2 wiersz od dołu zamiast „ wiersz zależność bitowej stopy” powinno być „wiersz dotyczy zależności bitowej stopy”
31. Str. 101 – 11 wiersz od góry: zamiast „1 licznik 1 1 -fazowego (zainstalowanego w złaczu kablowym nr 4) powinno być „1 licznika 1 -fazowego (zainstalowanego w złaczu kablowym nr 4), rys. 4.1 – nieczytelny rysunek w szczególności nie do odszyfrowania opisy ostatnich bloków.
32. Str. 103 –ogólna uwaga do rysunków: zdjęcia wykonano w słabej rozdzielczości. Zdjęcia aplikacji Rys.4.3. nieczytelne - można było zamieścić zrzuty z ekranu.
33. Str. 117 – wzór  $M[\text{dB}] = \text{SNR}[\text{dB}] - 9\text{DB}$  zastąpić wzorem  $M[\text{dB}] = \text{SNR}[\text{dB}] - 9[\text{dB}]$ .
34. Str. 142-143 – uwaga ogólna do tabel: nie znaleziono informacji na temat oznaczenia kolorem niebieskim niektórych elementów tabeli.
35. str. 161 – w rozdz. 6.1.3 błędne odniesienie do pozycji literaturowej [5143]
36. Str. 163 – rys. 6.3 – zdjęcie słabej jakości. Nie wiadomo, które z urządzeń jest tym, które ma przedstawiać.
37. Str. 180 – w zdaniu „... do źródła zasilania powoduje na nich spadek napić ...” –zamiast słowa „napić” powinno być „napięcie”.
38. Str. 229 – 9 wiersz od góry: w zdaniu „ W dyskusji dotyczącej transmisji PLC ... lub wysoki poziom występowania zburzeń ... „ –powinno być „lub wysokim poziomie występowania zaburzeń ”.

Przedstawione uwagi szczegółowe nie umniejszają wysokiej oceny merytorycznej rozprawy, wartości uzyskanych wyników i jej walorów aplikacyjnych.

#### 4.2. Przydatność rozprawy dla techniki i przemysłu

Przedstawione w rozprawie doktorskiej mgr inż. Marka Wąsowskiego badania i ich wyniki pozwoliły na sformułowanie wniosków mających zastosowanie w praktycznych realizacjach transmisji PLC PRIME. Ma to istotne znaczenie, gdyż operatorzy wdrażający inteligentne systemy licznikowe napotykają na zjawisko zaników transmisji PLC, dlatego też wnioski z pracy mają dla nich praktyczne znaczenie .



#### 4.2. Uwagi do dyskusji, z prośbą, aby Doktorant ustosunkował się do nich podczas publicznej obrony:

1. str. 38 – Rozdział 1.5.2, „Wybór i opis protokołu 1-Wire”. Zgodnie z dokumentacją firmy Dallas Semiconductor Protokół 1-Wire, nie jest przeznaczony do bezpośredniego wpięcia do sieci zasilającej nN. Również nie są znane konwertery pozwalające na takie dołączenie (jeśli jednak byłyby dostępne, wskazane jest aby Autor przytoczył takie rozwiązania np. w wykazie literatury).
2. Str. 209 - w punkcie 6.4.11 „Wyniki pracy badanego systemu PLC PRIME” oraz dalej w punkcie 6.5 brakuje bardziej dogłębnej analizy, dlaczego mimo poziomu zakłóceń harmoniczných w pasmie do 2 kHz, dopuszczonego stosowną normą, system PLC nie podjął komunikacji – na rysunku 6.15 brak jest składników widma charakterystycznych dla PLC PRIME.
3. Niejasne sformułowanie - pkt.7.1.(Str. 216 i 220) - w podsumowaniu i wnioskach końcowych w sformułowaniu drugiej hipotezy roboczej mówi się o zbiorze parametrów widmowych zaburzeń, natomiast poniżej wśród nich doktorant wymienił również parametry sygnału PLC.
4. W punkcie 7.4 „Plan dalszych badań” – Doktorant stwierdza, że: „badania wskazują na wpływ starzenia się elementów odbiorników na emisję zaburzeń”. W związku z tym nasuwa się pytanie, czy doktorant może stwierdzić na jakim etapie starzenia (zużycia) znajdowały się odbiorniki, które wykorzystał przy wykonywaniu pomiarów.
5. W rozdziale 8. – „Propozycje zastosowania technicznych środków zaradczych mających na celu zmniejszenie (wyeliminowanie) negatywnego wpływu zaburzeń na transmisję PLC” – doktorant zamieszcza jako jedną z propozycji: „zwracanie uwagi na jakość i ilość złączy”. Proszę o dodatkowy komentarz, bowiem takie sformułowanie jest mało precyzyjne.
6. Doktorant przeprowadził analizę pomiarową sieci, w szczególności parametrów sygnałów transmisyjnych dla wielu przypadków obejmujących różnorodne źródła zaburzeń sygnałów występujących w rzeczywistych systemach elektroenergetycznych. Nasuwa się pytanie, czy w/w eksperymenty uwzględniały etap załączania i wyłączenia odbiorników będących źródłami zaburzeń sygnałów transmisyjnych?, - gdyż skądinąd wiadomo, że stan parametrów sieci elektrycznej może być mocno zaburzony w stosunku do stanu ustalonego sieci elektrycznej, co w dalszej części implikuje zastosowanie odpowiednich filtrów zaporowych.
7. Czy autor uważa, że należałoby przeprowadzić bardziej szczegółową analizę sygnału transmisyjnego (na poziomie wartości bitowych) i zastanowić się nad wprowadzeniem - w niektórych technologiach transmisyjnych – dodatkowych sprzętowych mechanizmów wykrywających wystąpienie błędu, ale także pozwalających na skorygowanie tego błędu „w locie”.
8. Czy w dobie coraz częściej obecnego w życiu codziennym elementów Internetu Rzeczy IoT nie należałoby się zastanowić nad wprowadzeniem nowych wydajnych komunikacyjnie standardów teletransmisyjnych w dziedzinie Smart Metering, a także nad prawnym wymuszeniem u producentów urządzeń elektrycznych codziennego użytku, stosowania odpowiednich rozwiązań (filtrów) zapobiegających wprowadzaniu do sieci elektrycznej sygnałów powodujących zakłócenia transmisji PLC ? Jakie jest zdanie doktoranta na ten temat?
9. W pracy zabrakło mi krótkiej analizy i wniosków dotyczących czasów transmisji, gdy liczniki komunikują się z koncentratorami danych dla różnych konfiguracji sieci, w tym dla konfiguracji odpowiadającej zrealizowanej fizycznie sieci (prędkość transmisji 2400 b/s) i wpływu zaburzeń na transmisję. Występujące wówczas spiętrzenie transmisji prawdopodobnie obniża odporność systemu na zaburzenia. Jest to sytuacja, która

występuje w praktycznych instalacjach, gdzie liczniki rozłożone są nawet w 4 rzędach, przy czym w każdym rzędzie może występować powyżej 100 liczników. System będzie osiągał najlepszą wydajność, wtedy gdy największa liczba liczników, z którymi się komunikuje będzie licznikami niższego rzędu. Dotyczy to sytuacji, w której nie występują zakłócenia transmisji a także przy założeniu, że czasy własne urządzeń biorących udział w transmisji są pomijalnie małe. Czy doktorant zastanawiał się nad problemem odporności systemu na zaburzenia w przypadku spiętrzenia transmisji ?.

10. Czy autor zastanawiał się nad wpływem zaburzeń kompatybilności elektromagnetycznej pod kątem często występujących w sieciach zasilających zaburzeń typu/charakteru: BURST/EFT, Damped Oscillatory Waves, Przepięć i/lub Działania automatów np. SZR ? Badania wpływu tego rodzaju zaburzeń są obowiązkowo wymagane np. w badaniach EMC urządzeń EAZ, a więc obecnych w sieci zasilającej.

### PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Po zapoznaniu się z zakresem badań naukowych i wnioskami sformułowanymi przez Doktoranta uważam, że rozprawa pt: „Wpływ zaburzeń przewodzonych w zakresie do 150 kHz występujących w sieciach elektroenergetycznych na skuteczność transmisji PLC” wnosi istotny wkład do problematyki związanej ze skutecznością transmisji PLC w infrastrukturze pomiarowo – rozliczeniowej energii elektrycznej, a wskazane uwagi szczegółowe i dyskusyjne nie mają większego wpływu na ogólną bardzo dobrą ocenę rozprawy. Praca jest bardzo obszerna i znajduje się w niej bardzo wiele informacji ogólnych, poznawczych, teoretycznych, normatywnych jak również praktycznych wyników i symulacji oraz badań obiektów rzeczywistych. Dobór zagadnień zawartych w części teoretycznej jak i pomiarowo -badawczej jest poprawny. Wstęp teoretyczny obejmuje zasadniczo całość zagadnień transmisji PLC i może być dobrym kompendium wiedzy dla osoby nieobeznanej w tematyce PLC. Praca w sposób wyczerpujący przedstawia obecny stan techniki a także zawiera szeroki wykaz literatury. Uzyskane wyniki badań symulacyjnych i pomiarów są dość wnikliwie omówione i podsumowane. Autor przedstawia metody zaradcze mające na celu poprawę skuteczności transmisji PLC, zarówno w sferze technicznej jak i normatywnej. Wnioski zawarte w pracy mogą być przyczynkiem do szerszej dyskusji w gremiach ustalających stosowne normy.

Doktorant wykazał się szczegółową znajomością zagadnień objętych tematyką pracy i zdolnością do prowadzenia badań naukowych we współpracy z przemysłem.

Podsumowując, stwierdzam że opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Marka Wąsowskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w artykule 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21.06.2016 r., poz. 882) a także w stosownych rozporządzeniach i przepisach wykonawczych w odniesieniu do dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych.

Wnioskuje o dopuszczenie mgr inż.. Marka Wąsowskiego do publicznej dyskusji i obrony rozprawy doktorskiej przed Komisją Doktorską wyznaczoną przez Radę Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej.

Andrzej Kowalski

