

2023-10-16

Kraków 10 października 2023r.

dr hab. inż. Andrzej Bień prof. uczelni

Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica

al. Mickiewicza 30

30-059 Kraków

### Recenzja rozprawy doktorskiej

autor: mgr inż. Mgr inż. Andrzej Piłat

tytuł: Modelowanie okrętowych systemów elektroenergetycznych z uwzględnieniem fluktuacji częstotliwości w stanach quasi-ustalonych.

Recenzję wykonano w odpowiedzi na pismo Pana Dziekana Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni `prof. dr hab. inż. Krzysztofa Góreckiego, informującego mnie o powołaniu na recenzenta uchwałą Rady Naukowej Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Morskiego w Gdyni.

## 1. Dane bibliograficzne rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska zawiera 108 stron. Składa się z 9 rozdziałów z podrozdziałami oraz bibliografii. Bibliografia zawiera 98 pozycji w tym 13 to odwołania do materiałów internetowych. W 7 pozycjach autor rozprawy doktorskiej jest współautorem. Obszar bibliografii to artykuły, monografie, normy i dokumenty firmowe: noty katalogowe i opisy sprzętu. W zdecydowanej większości są to materiały aktualne tj. opublikowane w ostatnich kilku latach.

## 2. Ocena tematu rozprawy

Recenzowana rozprawa dotyczy problemów badawczych związanych z eksploatacją źródeł energii elektrycznej na statkach oraz wzajemnego oddziaływania źródeł energii, odbiorników w stanach dynamicznych związanych z żeglugą. Autor rozprawy skupił się na modelowaniu okrętowych systemów elektroenergetycznych podczas rejsów. W nomenklaturze lądowej o takiej pracy systemów elektroenergetycznych można napisać, że jest to praca wyspowa (wyspa energetyczna) ze zmienną generacją energii i zmiennymi obciążeniami. Dalej opisano wpływ takiej pracy na częstotliwość w systemie elektroenergetycznym oraz na wpływ na wskaźnik jakości energii elektrycznej związany z odkształceniami napięć i prądów. Temat pracy sformułowany jest poprawnie, a tematyka jest ważna i aktualna.

## 3. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska jest monografią. Podczas czytania rozprawy recenzent zaznaczył ponad 20 miejsc w których poszukiwał pełnego wyjaśnienia opisanych problemów. W recenzja rozprawy skupiono się na zagadnieniach istotnych dla charakteru badawczego rozprawy i sylwetki doktoranta. Recenzent ograniczył się do podkreślenia zalet i wad tekstu.

### **Rozdział 1: Wprowadzenie.**

Rozdział ma 4 strony i wskazuje na tematykę w której porusz się autor podczas redagowania rozprawy. W rozdziale użyto pojęcia fluktuacje obciążenia bez opisanie lub zdefiniowania tego pojęcia. Ponieważ w rozprawie skupiono się na fluktuacjach częstotliwości napięcia (definicja później) warto podczas publicznej obrony uściślić ten termin.

W literaturze popularne jest określenie – odbiornik niespokojny, czy jest to tożsamy termin.

### **Rozdział 2: Cel, zakres i teza pracy.**

Jest to rozdział w którym autor jednoznacznie wskazuje obszar pracy i stawia tezę, która będzie wykazana w rozprawie. Praca jest oparta na opisach w cytowanych normach i zadaniach, które autor rozwiązuje realizując punkty zakresu pracy, tj. 7 zadań.

Teza pracy: *Model okrętowego systemu elektroenergetycznego zrealizowany w programie Typhoon HIL umożliwi wyznaczenie współczynnika fluktuacji częstotliwości chwilowej, a tym samym pogłębione analizy zniekształceń napięć i prądów oraz określenie dopuszczalnych*

*trybów pracy nowoprojektowanych systemów okrętowych, skracając czas i zwiększając bezpieczeństwo koniecznych prób morskich. Jest ona podana jednoznacznie i wynika z postawionych celów pracy.*

Teza jest postawiona poprawnie określając cel i podane zadania jako konieczne do jej wykazania. W tezie podane są nazwy wielkości, które nie były wcześniej zdefiniowane w tekście rozprawy.

### **Rozdział 3: Jakość napięcia w okrętowych systemach elektroenergetycznych – stan prawny.**

Podstawą rozprawy są rozważania dotyczące jakości energii elektrycznej powodujące zaburzenia w pracy istotnych odbiorników na statku. Odniesieniem jest tu norma IEC 61000-4-30 skierowana do energetyki lądowej. Autor rozprawy dobrze wskazał na powiązania normy z systemem okrętowym cytując np. przepisy towarzystw klasyfikacyjnych. Podano tutaj dopuszczalny obszar zmienności napięć i częstotliwości w systemie okrętowym, bez definicji. Dalej podano dwie definicje wskaźnika THD. Nie zgadzam się z autorem rozprawy, że różnica tych definicji jest pozornie niewielka, jest istotna i skutkuje opisanymi dalej w rozprawie problemami, jest też istotna ze względu na technikę pomiaru. Użycie skrótu TWD jest dyskusyjne ponieważ istnieje opis wskaźnika TTHD (IEEE 1459), który jest tożsamy. Istotnym dla rozprawy jest fragment definiujący częstotliwość chwilową. Zależności i cytowania są poprawne ale brakuje krytycznej oceny metod i ich parametrów stosowanych do wyznaczania wartości częstotliwości chwilowej. Ostatnie zdanie mówi o pomiarze „chwilowego” okresu i częstotliwości chwilowej jako jego odwrotności. Jak to stwierdzenie ma się do przywoływanych dokumentów formalnych?

### **Rozdział 4: Fluktuacje częstotliwości napięcia w okrętowych systemach elektroenergetycznych.**

Rozdział zawiera autor rozprawy przedstawił własne badania eksperymentalne i opisał aktualny stan wiedzy z obszaru jakości energii elektrycznej w wydzielonych sieciach elektroenergetycznych skupiając się na zmienności częstotliwości napięcia zasilania. Na stronie 20, pierwszy akapit napisano: wyżej wspomnianą stałą wartość, warto jednak uściślić tą tezę.

Najważniejszym elementem rozdziału są opisane badania na statkach i ich poprawna ocena wraz z wnioskami podanymi przez autora rozprawy. Czy można wyniki tych badań uogólnić dla innych akwenów?

Końcowy wniosek rozdziału bardzo dobrze uzasadnia konieczność budowania modelu systemu elektroenergetycznego statku.

## **Rozdział 5: Zniekształcenia napięć i prądów w okrętowych systemach elektroenergetycznych.**

Wstępna część rozdziału zawiera wiadomości ogólne i przykłady obserwacji – rejestracji wybranych wartości napięć i prądów na kilku statkach. Przykłady są bardzo dobrze skomentowane wskazując na źródła zaburzeń i ich potencjalne skutki. W oparciu o te komentarze autor rozprawy może krok dalej przedstawić konkluzje, czy w badanych statkach system elektroenergetyczny pracuje poprawnie i czy mogą występować zagrożenia jego pracy.

## **Rozdział 6: Modelowanie i symulacje w projektowaniu okrętowych systemów elektroenergetycznych.**

Rozdział rozpoczyna się od przedstawienia idei projektowania statku by przedstawić rolę i miejsce budowanych przez autora modeli systemów elektroenergetycznych. Autor rozprawy szczególną uwagę poświęca normom i dokumentom morskich towarzystw klasyfikacyjnych, które można znaleźć w bibliografii rozprawy i które zostały skomentowane. W dalszej części opisano krytycznie dostępne narzędzia symulacyjne i przedstawiono uzasadniony wybór Typhoon HIL. Ten fragment rozprawy jest cenny dla innych potencjalnych czytelników, którzy prowadzą badania symulacyjne, w szczególności przykład statku Dar Młodzieży. Autor rozprawy nie uniknął uogólnień bez podania konkretnych informacji np.: jakie są akceptowalne różnice pomiędzy obiektem rzeczywistym i modelem? Jakie parametry są jego zdaniem istotne? Co to jest sieć miękka?

W dalszej części rozważano eksperymenty z analizą THD. Wprowadzono opis wybranych środowisk symulacyjnych Hardware-in-the-loop i stwierdzono, że je pominięto. Ponieważ eksperymenty są prowadzona poza laboratoriami tj. na statkach warto w obszar rozważań brać możliwość przenoszenia sprzętu do rejestracji i badań modelowych.

## **Rozdział 7: Modelowanie fluktuacji częstotliwości napięcia w zintegrowanych okrętowych systemach elektroenergetycznych.**

Opisane w rozdziale modelowanie zjawisk fizycznych jest oparte na najnowszych pracach z zakresu modelowania morza i modelowania statków. W opisach autor rozprawy posłużył się zależnościami matematycznymi dostępnymi w cytowanej literaturze. Świadczy to o bardzo dobrej znajomości przez autora rozprawy tej tematyki. Podana analiza i krytyczny dobór parametrów modelu są ważnym elementem pracy. Dla uzasadnienia podanych konkluzji użyto wyniki rejestracji podczas rejsów statków Imor oraz Zodiak II. Analiza wyników rejestracji jest pełna i użyteczna dla czytelnika. W części końcowej rozdziału autor pisze o korelacji pomiędzy rejestracjami. Czy zostało sprawdzone, że taka korelacja może być wyznaczana? Jak wyznaczano odchylenie standardowe? Czym jest uśrednione widmo

amplitudowe sumy mocy chwilowej? Uzupełnienie tekstu o odpowiedzi na te pytania może pomóc w zrozumieniu konkluzji rozdziału.

### **Rozdział 8: Kalibracja i weryfikacja eksperymentalna modelu okrętowego systemu elektroenergetycznego statku Zodiak II uwzględniającego fluktuację częstotliwości.**

Opisaną kalibrację modelu oparto o rozważania we wcześniejszym rozdziale. Wprowadzono zależności związane z układem napędowym statku i zaproponowano dołączenie ich do modelu systemu elektroenergetycznego statku. Dla przedstawienia konkretnych zależności w parametryzacji modelu użyto opisywany wcześniej model dla statku Zodiak II. Sama kalibracja została przeprowadzona w oparciu o rejestracje napięć i prądów podczas rejsu. Rozdział skrótowo opisuje stanowisko pomiarowe i użyty sprzęt. Najważniejsza część końcowa rozdziału to wyniki pomiarów, wyniki obliczeń i analiz oraz konkluzje. W tych rozważaniach wykazano, że model spełnia swe zadanie w wystraszający sposób, choć nie podano wszystkich wartości obliczeń kryteriów poprawności modelu. Podrozdział 8.4.4 jest podsumowaniem całej pracy związanej z budowaniem i kalibracją modelu dla statku Zodiak II. Przydatność zbudowanego modelu została wykazana.

### **Rozdział 9: Podsumowanie i wnioski końcowe**

Rozdział ten zawiera wnioski końcowe rozprawy wykazujące wykonanie postawionych zadań i osiągnięcie celu pracy. Udowodniono poprawność tezy rozprawy. Autor rozprawy napisał „główna teza pracy”. W rozdziale 2 jest teza pracy, zakładam że to chodzi o tą tezę. Kierunki dalszych badań są interesujące, tym bardziej że pozwalają na ocenę budowanych statków w fazie projektu oraz w ekstremalnych warunkach pogodowych.

#### **4. Wartość merytoryczna wyników rozprawy**

Recenzowana praca doktorska jest prawidłowym i rzetelnym rozwiązaniem zadania naukowo – badawczego. Praca zawiera konieczne etapy do przeprowadzenia takiego zadania: sformułowanie problemu, odnoszący się do literatury opis zjawisk związanych z tematyką pracy, rozwiązanie postawionych zadań badawczych, w końcu opis budowy modelu, rejestracje eksperymentów w warunkach rzeczywistych oraz ich analiza. W końcu wykazanie poprawności zbudowanego modelu systemu elektroenergetycznego statku, co udowadnia prawidłowości postawionej tezy rozprawy doktorskiej. Całość stanowi cenny wkład w bardzo aktualną dziedzinę nauki i techniki wybiegając w obszary nowoczesnego zarządzania dostawą energii elektrycznej w systemach wyspowych.

#### **5. Uwagi ogólne i krytyczne**

Przedstawiona w punkcie 3 ogólna charakterystyka pracy, po części dyskusyjna zawiera uwagi i pytania. Pytania na które doktorant powinien odpowiedzieć. Są miejsca gdzie autor rozprawy nie podaje konkretnych wartości o które opiera swoje wnioskowanie. Rozprawę czyta się dobrze, aczkolwiek jej układ wymaga sporej uwagi od czytelnika.

Za podstawowe osiągnięcia pracy uważam:

1. Zaproponowanie narzędzi i metodyki dla budowania modeli systemów elektroenergetycznych pracujących wyspowo.
2. Opracowanie sposobu budowania modelu okrętowego systemu elektroenergetycznego.
3. Przeprowadzenie eksperymentów laboratoryjnych i na statku. Wyniki tych eksperymentów wykazują, że rozprawa ma duży potencjał aplikacyjny.

Przeprowadzenie eksperymentów w warunkach rzeczywistych i analiza zgromadzonych danych dla potrzeb rozprawy jest ważnym jej składnikiem.

#### **6. Uwagi inne**

Rozprawa jest napisana w sposób poprawny, znaleziono jeden błąd „pisarski”. Tekst czyta się dobrze, choć są fragmenty, które zdaniem recenzenta powinny być inaczej pogrupowane.

#### **7. Ocena ogólna i wnioski końcowe**

Poczynione uwagi ogólne i szczegółowe nie zmieniają pozytywnej opinii na temat recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Andrzeja Piłata stanowi poprawne opracowanie dotyczące aktualnego zagadnienia badawczego z aspektem aplikacyjności, dowodząc bardzo dobrego opanowania przez doktoranta dyscypliny naukowej, z którą rozprawa jest związana.

Biorąc powyższe stwierdzenia pod uwagę uważam, że rozprawa mgr inż. Andrzeja Piłata pt. „Modelowanie okrętowych systemów elektroenergetycznych z uwzględnieniem fluktuacji częstotliwości w stanach quasi-ustalonych” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym” Dz. U. 2018 poz. 1668.

Stawiam wniosek o dopuszczenie przedstawionej pracy do publicznej obrony.

*Andrzej Piłat*