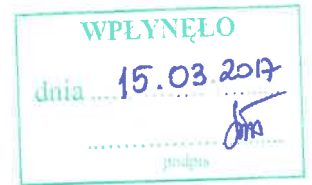


dr hab. inż. Jarosław Zygarlicki, prof. PO
Instytut Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Politechnika Opolska

Opole, 13.03.2017r.



RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgra inż. Szymona Barcentewicza pt.
„Metody obliczania fazora dla sygnałów systemu elektroenergetycznego”**

Podstawa formalna wykonania recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademii Górniczo-Hutniczej, im. Stanisława Staszica w Krakowie, dr hab. inż. Ryszarda Srokę, prof. nadzw., zgodnie z uchwałą Rady Wydziału z dnia 26 stycznia 2017r.

Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Krzysztof Duda.

1. Czy tematyka rozprawy jest aktualna lub dostatecznie ważna?

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania odnawialnymi źródłami energii (OZE). Rozwój technologii produkcji paneli fotowoltaicznych, turbin wiatrowych oraz innych komponentów tworzących instalacje produkujące energię elektryczną z OZE, powoduje gwałtowny spadek cen tego typu systemów. Stosunkowo niski koszt instalacji produkującej energię elektryczną z OZE sprawia, że stają się one atrakcyjne ze względów ekonomicznych nawet dla małych podmiotów, takich którzy dotychczas stanowili wyłącznie grupę odbiorców końcowych energii elektrycznej (konsumentów). Aspekty ekonomiczne, problemy związane z magazynowaniem energii elektrycznej, jak również brak ciągłości produkcji energii elektrycznej z OZE wymuszają przyłączanie takich instalacji do globalnego systemu elektroenergetycznego. W związku z powyższym w ostatnich latach w systemie elektroenergetycznym pojawia się coraz więcej źródeł energii elektrycznej, przeobrażając nieustannie klasyczną strukturę systemu elektroenergetycznego w taką, w której współistnieje wielu producentów oraz wielu odbiorców energii elektrycznej. Pojawia się również nowy typ odbiorcy energii elektrycznej - prosument, który okresowo oddaje do systemu elektroenergetycznego nadmiar wytworzonej z OZE energii elektrycznej.

Nowe uwarunkowania, związane z przekształcaniem się systemu elektroenergetycznego, wymuszają rozwój metod umożliwiających monitorowanie i analizę stanu sieci elektroenergetycznej. W szczególności przy dołączaniu nowych źródeł energii elektrycznej istotne są metody szybkiego i pewnego wyznaczania fazora napięć i prądów.

Dlatego też uważam, że podjęte przez Doktoranta w rozprawie doktorskiej zagadnienia są bardzo aktualne oraz ważne, z punktu widzenia rozwoju podłączanych do systemu elektroenergetycznego instalacji OZE.

2. Jakie zagadnienie naukowe rozpatrzono w pracy i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane?

Recenzowana rozprawa dotyczy zagadnień związanych z wyznaczaniem fazora w sieci elektroenergetycznej. Autor w rozprawie nie wyszczególnił tezy pracy. Precyzuje natomiast naukowy cel pracy jako: „synteza wiadomości z zakresu metod obliczania fazora z przykładami jego zastosowania, oraz miarodajne porównanie znanych metod z oryginalnymi metodami autora.”.

Uważam, że podjęte przez Doktoranta zadanie naukowe rangą odpowiada rozprawom doktorskim, oraz zostało w pracy sprecyzowane w sposób dostateczny.

Głębsza analiza treści rozprawy prowadzi jednak do dalszego bardziej precyzyjnego sformułowania zadania naukowego, którego podjął się Doktorant. Jest nim stworzenie nowych narzędzi (metod) do precyzyjnego i szybkiego wyznaczania fazora sygnałów elektroenergetycznych. W tym kontekście po lekturze rozprawy doktorskiej, można postawić przykładową naukową tezę, którą udowodnił doktorant. Dla pierwszej z autorskich metod może to być na przykład twierdzenie: „Połączenie metody interpolowanej dyskretnej transformaty Fouriera Bertocco-Yoshidy z autorskimi metodami wieloetapowej korekcji przecieku widmowego, umożliwia zwiększenie dokładności estymacji fazora oraz częstotliwości harmonicznej podstawowej dla sygnałów elektroenergetycznych.”. Podobną tezę można również wygenerować dla drugiej z autorskich metod.

3. Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, konstrukcyjny inny)?

Prezentowana praca ma w głównej mierze charakter teoretyczny. Przeprowadzone badania zostały zrealizowane poprzez symulacje komputerowe. Efekty zrealizowanych badań mogą mieć natomiast znaczenie praktyczne, implementacyjne.

4. Czy w rozprawie w sposób właściwy przeprowadzono analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadcząca o dostatecznej wiedzy Autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Spis literatury w rozprawie zawiera łącznie 56 pozycji posortowanych w porządku alfabetycznym. Wykaz publikacji własnych lub współautorskich Doktoranta liczy 13 pozycji. Autor przytacza w pracy aktualne artykuły naukowe wysoko punktowanych czasopism dotyczących poruszanej tematyki, jednak nie jest to wykaz, który można by uznać za obszerny. Brakuje kilku ważnych i aktualnych pozycji dotyczących chociażby metody IpDFT np.: Borkowski J., Kania D., Mroczyk J. *Interpolated-DFT-based fast and*

accurate frequency estimation for the control of power. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2014, vol. 61, nr 12, s. 7026-7034.

Nie odnalazłem również w spisie literatury przytaczanej na stronie 31 (1 akapit, 2 linia) pozycji [Harr79].

Moim zdaniem przegląd literaturowy powinien zostać dokładniej opracowany oraz powinien zostać znacznie poszerzony.

Podsumowując przeprowadzoną przez Doktoranta analizę źródeł można jednak uznać za wystarczającą w stopniu dostatecznym, ponieważ Autor wykorzystał wiedzę w nich zawartą w umiejętny sposób. W sposób jasny i przekonujący wyciągnął również wnioski wypływające z przeglądu przedstawionych w rozprawie źródeł.

5. Na czym polega oryginalny dorobek Autora i jakie jest jego znaczenie poznawcze lub przydatność praktyczna dla nauki bądź techniki?

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć Autora zaliczam:

- opracowanie dwóch metod obliczania fazora: metody opartej na algorytmie interpolowanego DFT Bertocco-Yoshidy z korektą przecieku widmowego, oraz metody wykorzystującej okna płaskie,
- implementację oraz analizę porównawczą właściwości wybranych metod obliczania fazora (w tym metod opracowanych przez doktoranta),
- analizę wydajności statystycznej opracowanych metod oraz przeprowadzenie testów zgodności definiowanych przez standard (IEEE C37.118.1)
- budowę systemu do pomiaru fazora z zastosowaniem układu FPGA (Xilinx Spartan).

Na szczególną uwagę zasługuje moim zdaniem metoda interpolowanego DFT Bertocco-Yoshidy z korektą przecieku widmowego. Autor opracował i zrealizował zestaw badań, w których wykazał duże znaczenie autorskiej metody. Przeprowadzone badania porównawcze, oraz zgodności z normą IEEE C37.118.1, usytuowały proponowaną metodę wśród tych, które charakteryzują się najmniejszymi błędami estymacji FE, TVE. Uważam, że proponowane przez Autora nowe rozwiązanie może znaleźć zastosowanie w komercyjnych urządzeniach PMU.

6. Charakterystyka rozprawy

Recenzowana rozprawa mgra inż. Szymona Barcentewicza liczy 86 stron i składa się z 5 rozdziałów głównych, spisu treści, wykazu skrótów anglojęzycznych, i stosowanych oznaczeń, bibliografii oraz trzech załączników, przy czym załącznik ostatni zawiera wykaz publikacji własnych lub współautorskich Doktoranta. Rozdział pierwszy rozprawy to ogólne bardzo krótkie wprowadzenie do problematyki związanej z przedmiotem rozprawy. Doktorant opisuje zadania systemu elektroenergetycznego, rodzaje zakłóceń występujących w sieci elektroenergetycznej, przedstawia rys historyczny pomiarów fazora, oraz podział metod jego obliczania. W rozdziale tym Doktorant zawarł również wykaz ważniejszych autorskich osiągnięć. W rozdziale drugim Doktorant definiuje pojęcie fazora, oraz parametry z nim związane, statyczny oraz dynamiczny model

fazora, model przetwarzania sygnałów dla fazora wg standardu IEEE c37.118.1, definiowane przez standard testy zgodności oraz definicję wydajności statystycznej metod. Autor zaproponował również definicję złożoności obliczeniowej do oceny metod obliczania fazora. Rozdział trzeci opisuje wybrane metody obliczania fazora. W rozdziale tym Autor zawarł również opis dwóch autorskich metod: interpolowanego DFT Bertocco-Yoshida z korekcją przecieku widmowego oraz DFT z oknem o płaskim listku głównym. W kolejnym rozdziale czwartym, Doktorant dobiera metody estymacji fazora znane z literatury uzupełniając listę o autorskie dwie metody a następnie, przeprowadza szereg badań symulacyjnych, umożliwiających określenie podstawowych właściwości przytoczonych metod. Rozdział ten wraz z rozdziałem trzecim uważam za najbardziej istotne dla rozprawy. Rozdział piąty stanowi krótkie podsumowanie uzyskanych w rozdziale czwartym wyników, ze wskazaniem oryginalnych osiągnięć Autora oraz propozycją dalszych badań.

7. Czy autor wykazał się umiejętnością poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Zaproponowany przez Doktoranta układ pracy tworzy logiczny ciąg. Praca jest zwięzła, dostatecznie przejrzysta i stanowi zamkniętą całość. Autor wykazał się dostateczną umiejętnością poprawnego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników. Sformułowane w rozprawie wnioski stanowią potwierdzenie przyjętego przez Doktoranta ogólnego celu rozprawy.

8. Uwagi krytyczne i tematy do dyskusji. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Uwagi merytoryczne

Do słabych stron pracy zaliczam brak wyraźnego określenia tezy pracy. W tekście rozprawy umieszczony jest wprawdzie cel pracy. Jednak jest to element, który znajduje się w ostatnim akapicie podrozdziału 1.4 zatytułowanego: „Oryginalne osiągnięcia autora”. Moim zdaniem postawione cele naukowe oraz tezy pracy powinny stanowić osobny rozdział rozprawy. Takie podejście zwiększa przejrzystość rozprawy i umożliwia łatwiejsze zweryfikowanie uzyskanych efektów pracy, ze wstępnymi założeniami.

Inne uwagi:

1. Autor do ważniejszych osiągnięć rozprawy zalicza między innymi budowę systemu do pomiaru fazora z zastosowaniem układu FPGA (Xilinx Spartan). Dlaczego ten element pracy znalazł się dopiero w załączniku do rozprawy?
2. Str. 67, 1 akapit, cyt.: „Autor pragnie ponownie podkreślić, że parametry symulacji zostały dobrane w taki sposób, aby można było łatwo porównać właściwości metod.”. Proszę o szerszy komentarz do przytoczonego stwierdzenia.
3. Proszę o szerszy komentarz dotyczący wybranej do badań częstotliwości próbkowania sygnałów i ilości próbek. Jak dobór tych parametrów wpływa na wartości TVE oraz FE?

4. Tabele 4.1 oraz 4.2, proszę o komentarz, które z prezentowanych metod spełniają wymagania standardu IEEE c37.118.1. Proszę odnieść się do Tabeli 2.1.

Uwagi redakcyjne

Język rozprawy jest poprawny. Uwagę zwraca jednak duża ilość nadmiarowych spacji w tekście. W efekcie w zdaniach tworzą się nierówne odstępy pomiędzy poszczególnymi wyrazami. Defekt, ten uważam jednak za małoistotny będący prawdopodobnie wynikiem końcowego formatowania pracy, bez gruntownej weryfikacji jego efektów.

Wykonane rysunki są czytelne, jednak wiele z rysunków np.: 4.1-4.13, 4.18-4.25, 4.40-4.45 wykonano poprzez łączenie za pomocą prostych odcinków punktów nazbyt odległych od siebie. W efekcie wykresy wyglądają jak „wielokąty”, nie oddając wystarczająco szczegółów w obszarach o dużej dynamice zmian.

Rysunki 3.14 i 3.15 oraz 4.16 i 4.17, przedziały częstotliwości dla których nie wykonano pomiarów lub symulacji powinny pozostać bez widocznych linii łączących skrajne punkty przedziałów, dla których badania przeprowadzono. Takie przedstawienie wyników jest mylące i nieprawdziwe, gdyż sugeruje nieprawidłowe wartości TVE oraz FE dla częstotliwości np. 50 Hz.

Tabele 4.1 oraz 4.2 kolumna pierwsza, Autor nie objaśnia wszystkich zastosowanych skrótów i oznaczeń, bezpośrednio pod tabelami, lub w tekście danego podrozdziału. Utrudnia to analizę niektórych uzyskanych wyników.

Uwagi szczegółowe

1. Str. 34 , numeracja rysunków, rys. 3.6 - nie zaznaczono, który rysunek jest rysunkiem: a) a który rysunkiem: b),
2. Str. 46, 6 linia od góry jest „obliczać fazora” powinno być „obliczać fazor”
3. Str. 54, numeracja rysunków, jest 3.14 i 3.15 powinno być 4.14 i 4.15.
4. W spisie ważniejszych skrótów i oznaczeń zabrakło: FE oraz RFE, FTW, WLS.

Reasumując, przedstawione w recenzji krytyczne uwagi i zastrzeżenia nie wpływają na wartość merytoryczną rozprawy, proszę jednak Doktoranta o odniesienie się do nich przed publiczną obroną. Recenzowana praca nie wymaga żadnych zmian ani dodatkowych uzupełnień.

9. Wniosek końcowy

Podjęta przez doktoranta tematyka dotyczy aktualnych zagadnień cyfrowego przetwarzania sygnałów, w obszarze związanym z problemami obliczania fazora sygnałów z sieci elektroenergetycznej. Oceniana rozprawa doktorska stanowi logiczny ciąg rozważań oraz przemyślanych badań, w efekcie których Autor realizuje postawione cele naukowe, o randze odpowiadającej rozprawom doktorskim.

Podsumowując oceniana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w podjętej dyscyplinie naukowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Szymona Barcentewicza pt.: „*Metody obliczania fazora dla sygnałów systemu elektroenergetycznego*” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w świetle ustawy *O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 r. (z późniejszymi zmianami), i wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Zygolind