

Gdańsk, 08.06.2019

Dr hab. inż. Stanisław Czapp, prof. PG
Politechnika Gdańska
Wydział Elektrotechniki i Automatyki
ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk



Recenzja rozprawy doktorskiej

mgra inż. Macieja Fajfera

**pt. *Obliczenia współbieżne w symulacji układu elektrycznego
z zastosowaniem procesora sygnałowego***

Recenzję wykonano zgodnie ze schematem przyjętym na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej

1. Jakie zagadnienie naukowe rozpatrzono w rozprawie i czy jest ono jasno sformułowane?

Analiza i odwzorowanie stanów pracy systemu elektroenergetycznego, w tym zjawisk zachodzących podczas zakłóceń, może odbywać się z wykorzystaniem obliczeń w trybie off-line lub, jako bardziej zaawansowane, w czasie rzeczywistym. Ten drugi sposób analizy wymaga wykorzystania dość skomplikowanego aparatu matematycznego, a w szczególności wydajnego sprzętu wykonującego obliczenia. Aby wykonać takie obliczenia, należy opracować dobre modele matematyczne odwzorowywanych układów elektrycznych oraz odpowiednio dobrać i skonfigurować sprzęt komputerowy.

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy komputerowego odwzorowania w czasie rzeczywistym różnych stanów pracy układów elektrycznych i, co bardzo cenne, zawiera weryfikację eksperymentalną.

Zagadnienie naukowe sformułowano jasno i podkreślono, że osiągnięte mają być dwa cele: cel naukowy i cel praktyczny.

2. Czy rozprawa zawiera poprawnie sformułowaną i udowodnioną tezę?

Teza rozprawy jest zwięzła i poprawnie sformułowana. Bezpośrednio pod tezą podano dwa cele rozprawy:

- cel naukowy – opracowanie algorytmów modelowania układów elektrycznych,
- cel praktyczny – wykonanie symulatora cyfrowego, pracującego w czasie rzeczywistym.

Po lekturze rozprawy można uznać, że teza została udowodniona, a cele pracy osiągnięte.

3. Czy zagadnienie naukowe rozpatrzone w rozprawie jest aktualne i ważne z naukowego punktu widzenia? Dlaczego?

Badania eksperymentalne w systemie elektroenergetycznym, w szczególności związane z analizą jego stabilności napięciowej, skutków zwarć czy pracy odbiorników silnie nieliniowych, są bardzo trudne lub wręcz niemożliwe do wykonania. Z pomocą przychodzą wtedy cyfrowe symulatory pracy układów elektrycznych pracujące w czasie rzeczywistym. Pozwalają w sposób bezpieczny zobrazować zjawiska zachodzące w danym punkcie tego systemu.

Zagadnienie naukowe rozpatrzone w rozprawie z pewnością dotyczy problemów aktualnych i ważnych dla elektroenergetyki. Dzięki wykorzystaniu symulatora wykonującego obliczenia współbieżne można dostarczyć cennych informacji o zjawiskach zachodzących w systemach elektroenergetycznych w różnych jego stanach pracy. Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny – dobrze łączy elektrotechnikę z informatyką stosowaną.

4. Czy rozprawa ma charakter pracy projektowej, konstrukcyjnej lub technologicznej? Jeżeli tak, to czy odpowiada ona ustawowym warunkom stawianym rozprawom doktorskim?

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter naukowy, ale zawiera też weryfikację eksperymentalną założeń na wykonanym przez Doktoranta symulatorze. Budowa symulatora oraz stanowiska pomiarowego umożliwiającego weryfikację działania tego symulatora wymagały opanowania umiejętności konstruktorskich. Dobre połączenie części teoretycznej z częścią praktyczną sprawia, że rozprawa ta jest bardzo wartościowa.

Oceniana rozprawa odpowiada ustawowym warunkom stawianym rozprawom doktorskim.

5. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej i stanu zagadnień w przemyśle) świadczący o ogólnej wiedzy autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano jasno i przekonująco? Dlaczego?

Analiza i ocena aktualnego stanu wiedzy jest silną stroną rozprawy. Wykaz literatury zawiera 176 pozycji; jest to bardzo duża liczba i świadczy o dobrym rozpoznaniu przez Doktoranta stanu badań na świecie. Doktorant w obszernym rozdziale „1.2 AKTUALNY STAN ZAGADNIENIA” odnosi się do poszczególnych publikacji z wykazu literatury, w szczególności dokonuje ich oceny, i na tym tle przedstawia tezę i cel swojej rozprawy.

6. Czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie przez autora zagadnienia naukowego? Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego. Samodzielnym i oryginalnym dorobkiem Doktoranta jest w szczególności:

- opracowanie algorytmów pozwalających na wykonywanie obliczeń współbieżnych w cyfrowych symulatorach dedykowanych do układów elektrycznych,
- optymalizacja obliczeń współbieżnych zarówno dla liniowych, jak i nieliniowych układów elektrycznych,
- wykonanie symulatora cyfrowego przykładowego układu elektrycznego,
- weryfikacja eksperymentalna zaproponowanych rozwiązań.

Zawarte w pracy analizy teoretyczne i wyniki badań eksperymentalnych są oryginalne i stanowią wkład do stanu wiedzy w kraju i na świecie.

7. Czy rozprawa doktorska wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną autora w dyscyplinie naukowej Elektrotechnika? Co za tym przemawia?

Przeprowadzona w rozprawie analiza i ocena stanu wiedzy na świecie, propozycja własnych rozwiązań oraz skonstruowanie i przeprowadzenie badań eksperymentalnych symulatora są podstawą do stwierdzenia, że Doktorant wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej *elektrotechnika*. Z treści rozprawy wynika, że Doktorant z łatwością porusza się po tematyce sieci elektroenergetycznych, a także bardzo dobrze opanował zagadnienia informatyczne (zarówno programowe, jak i sprzętowe). Świadczy o tym w szczególności zbudowanie i przebadanie zaproponowanego symulatora cyfrowego.

8. Czy rozprawa doktorska dowodzi umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez autora?

Treść rozprawy doktorskiej – jej struktura, zawartość merytoryczna, opracowanie redakcyjne – dowodzi, że Doktorant potrafi samodzielnie rozwiązywać zadania naukowe, a tym samym samodzielnie prowadzić prace naukowe.

9. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Poniżej przedstawiono uwagi merytoryczne (UM) do rozprawy.

- UM1 (s. 30, wiersz 8 od góry) – Nieprawidłowy akronim odnoszący się do napięcia niskiego. Zgodnie ze słownikiem terminologicznym IEV (IEV ref 151-15-03) napięcie niskie należy oznaczać akronimem (nn).
- UM2 (s. 75, rys. 3.12) – Rysunek 3.12 przedstawia porównanie czasów obliczeń dla poszczególnych rdzeni procesora przed i po zastosowaniu optymalizacji. Optymalizacja jest to poszukiwanie najlepszego, ze względu na wybrane kryterium, rozwiązania danego zagadnienia. Jak zatem należy rozumieć optymalizację czasów obliczeń, jeżeli dla rdzeni nr 1 i nr 3 czas ten po optymalizacji jest dłuższy? W przypadku rdzenia nr 1 niemal dwukrotnie dłuższy.
- UM3 (s. 82, wiersz 6 od dołu) – Podano, że „Kryterium oceny stabilności pracy symulatora stanowiły parametry (zgodne z normą PN-EN 50160), zawarte głównie w raporcie z analizy PQ-Box-em w czasie jednego pełnego tygodnia”. Stwierdzenie to nie jest precyzyjne. Norma PN-EN 50160 *Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych* podaje wiele wskaźników związanych z oceną jakości energii elektrycznej i z treści tego fragmentu pracy nie można wywnioskować, do których wskaźników podanych w normie Doktorant się odnosi.
- UM4 (s. 88, wiersz 3 od góry) – Nieprawidłowa polska definicja akronimu THD. Zgodnie ze słownikiem terminologicznym IEV (IEV ref 551-20-13) akronim THD to „współczynnik zniekształceń harmonicznych”.
- UM5 (s. 103, wiersz 4 od góry) – Doktorant analizuje skutki zwarcia jednofazowego i podaje, że punkt neutralny nie jest uziemiony. Jaki zatem jest to układ sieci? Pomiędzy jakimi punktami jest symulowane zwarcie? Jeżeli rzeczywiście punkt neutralny sieci nie jest uziemiony, to dlaczego wartość szczytowa prądu zwarciovego osiąga niemal 100 A.

- UM6 (s. 103, rys. 4.22) – Która faza została doziemiona przy analizowanym zwarcii jednofazowym? Należałoby wyjaśnić, dlaczego prądy zwarciove we wszystkich fazach mają porównywalne wartości (w dwóch są niemal identyczne).
- UM7 (s. 114, wiersz 8 od dołu) – Napisano, że „Po upływie czasu ok. 40 s od rozpoczęcia rejestracji danych pomiarowych dochodzi do wzrostu pobieranej **energii** (wzrost mocy), co wiąże się ze zwiększeniem wartości płynącego prądu”. Energia to moc pobierana w czasie, zatem zwiększony jej pobór (np. w stosunku do innego odbiorcy) może nastąpić nawet przy bardzo małym prądzie, ale w długim czasie. I na odwrót: odbiornik o dużej mocy załączony na krótki czas będzie się charakteryzował relatywnie małym poborem energii. Należy więc z rozwagą używać terminów „moc” i „energia”.

10. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych? Czy i jaka jest przydatność praktyczna rozprawy dla gospodarki narodowej?

Recenzowana praca zawiera część teoretyczną i część eksperymentalną. Takie podejście do rozwiązania zadania naukowego dobitnie pokazuje przydatność rozprawy dla nauk technicznych. Przeprowadzenie dość szerokiej weryfikacji eksperymentalnej pokazuje walory aplikacyjne rozprawy.

Wykonywanie obliczeń współbieżnych z wykorzystaniem symulatora pozwala na zobrazowanie zjawisk, które będą miały miejsce w układzie rzeczywistym. Komputerowe odwzorowanie stanów przejściowych i stanów ustalonych w sieciach i instalacjach elektroenergetycznych pozwala w szczególności na pokazanie zjawisk niebezpiecznych, a także przyczynia się do ograniczenia kosztów przy wprowadzaniu nowych rozwiązań technicznych. Jest to bardzo istotne dla operatorów sieci elektroenergetycznych i ma duże znaczenie dla bezpieczeństwa elektroenergetycznego kraju.

11. Jaka jest strona redakcyjno-wydawnicza rozprawy? Czy treść rozprawy odpowiada tematowi określoneemu w tytule, czy następstwo rozdziałów jest właściwe? Czy rozprawa jest napisana poprawnym językiem?

Rozprawa liczy 135 stron i odpowiada tematowi określoneemu w tytule. Struktura pracy jest właściwa. Strona redakcyjno-wydawnicza jest bardzo dobra. Tekst jest zrozumiały i dopracowany pod względem redakcyjnym. Błędów redakcyjnych jest niewiele i są one drobne, ale nieco lepsza mogłaby być interpunkcja. Ważniejsze uwagi redakcyjne (UR) przedstawiono poniżej.

- UR1 – W rozprawie nie zawarto wykazu ważniejszych oznaczeń, który byłby tu bardzo przydatny.
- UR2 (s. 8 i 11) – W kilku miejscach napisano „chwila czasu”. Taki zapis to pleonazm.
- UR3 (s. 83, wiersz 5 od góry) – Sformułowanie „cęgi prądowe byłyby **zapięte**” to żargon.
- UR4 (s. 114, wiersz 5 od góry) – „...zależność mocy czynnej, biernej, prądu i $\cos\varphi$...”, od czego? Identyczne niejasne sformułowanie jest na s. 115 nad rys. 4.35.
- UR5 – W wielu miejscach Doktorant pisze w odniesieniu do rzeczowników policzalnych „ilość” zamiast „liczba”; błąd często popełniany przez młodych autorów.

12. Opinia ogólna, czy rozprawa odpowiada warunkom określonym w ustawie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie naukowej *elektrotechnika* i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Stanisław Crapp