



Dr hab. inż. Dariusz Baczyński
POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
Instytut Elektroenergetyki
Zakład Sieci i Systemów Elektroenergetycznych
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa



Warszawa, 30.12.2020

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Szymona Wermińskiego

Tytuł rozprawy:

„Zdecentralizowany system zarządzania zapotrzebowaniem na energię elektryczną do przesuwania obciążeń szczytowych oraz poprawy stabilności dynamicznej systemu elektroenergetycznego”

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej, wykonanej na Wydziale Informatyki, Elektroniki i Automatyki Uniwersytetu Zielonogórskiego pod opieką promotora prof. dra hab. inż. Grzegorza Benyska i promotora pomocniczego dra hab. inż. Marcina Jarnuta, jest umowa o dzieło nr IAEE/D-ka/1053/2020 z dnia 5 listopada 2020, będąca następstwem odpowiedniej uchwały Senatu UZ.

Recenzja została opracowana na podstawie przedłożonego tekstu rozprawy.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Szymona Wermińskiego zatytułowanej „Zdecentralizowany system zarządzania zapotrzebowaniem na energię elektryczną do przesuwania obciążeń szczytowych oraz poprawy stabilności dynamicznej systemu elektroenergetycznego”. Rozprawa liczy 169 stron, z czego 23 strony zawierają odpowiednie spisy, wykazy i dodatki. Praca jest podzielona na 6 rozdziałów, które tworzą 3 zasadnicze części. Pierwszą część stanowi rozdział 2, który prezentuje problematykę stabilności systemu elektroenergetycznego. Drugą część to rozdział 3, opisujący zaproponowany system wraz jego funkcjonalnością oraz zaimplementowanymi w nim algorytmami. Ostatnią część stanowią rozdziały 4 i 5 prezentujące badania symulacyjne i eksperymentalne zaproponowanych rozwiązań. Pracę wieńczą wnioski zawarte w rozdziale 6.

3. Zagadnienie naukowe, jego sformułowanie, aktualność i waga

Podjęte przez Autora zagadnienie naukowe, polegające na zarządzaniu zapotrzebowaniem na energię elektryczną w skali systemu elektroenergetycznego w sposób rozproszony, mieści się głównie w zakresie elektroenergetyki (elektrotechniki), ale można także wskazać pewne elementy w rozprawie z zakresu automatyki, elektroniki i informatyki. Jako całość, zagadnienie naukowe bez wątpienia mieści się w dyscyplinie Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.

Główną uwagę Doktorant koncentruje na wykorzystaniu zdecentralizowanego zarządzania pojedynczymi odbiornikami energii elektrycznej małej mocy do realizacji funkcji DSM (Demand Side Management) i do realizacji usług systemowych w zakresie

wspomagania stabilności dynamicznej. Zarządzanie zapotrzebowaniem pojedynczego odbiornika jest wykonywane przez urządzenie mikroprocesorowe realizujące dość proste algorytmy, których rezultatem jest decyzja czy dany odbiornik powinien być włączony czy wyłączony w określonej chwili lub przedziale czasowym. Realny efekt dla systemu elektroenergetycznego pojawia się, gdy podlegających sterowaniu odbiorników jest wystarczająco dużo lub reprezentują one sobą wystarczająco dużą moc zainstalowaną. Autor przyjął założenie (m.in. ze względu na czasy reakcji systemu i bezpieczeństwo), że sterowanie pojedynczymi odbiornikami powinno odbywać się niezależnie i nie powinno się rozpatrywać ani istnienia centralnego elementu zarządzającego ani połączeń pomiędzy urządzeniami sterującymi.

Tematyka rozprawy wiąże się bezpośrednio z szerokim zagadnieniem realizacji usług DSM i realizacji usług systemowych. Są to dwa dość istotne problemy współczesnej elektroenergetyki o rosnącej z roku na rok intensywności, wynikającej z jednej strony z coraz większego udziału OZE w miksie energetycznym, a z drugiej strony ze zmieniającego się sposobu użytkowania energii elektrycznej. Te dwa czynniki dynamizują codzienną pracę systemu elektroenergetycznego, wyprowadzając go często na granice stabilnego działania. Bez wątpliwości w przyszłości należy zaangażować odbiorców energii elektrycznej w dbanie o stabilne działanie systemu elektroenergetycznego.

Problematyka rozprawy jest zatem aktualna na tle obecnego stanu wiedzy i potrzeb gospodarki.

O wadze podjętego w rozprawie zagadnienia naukowego może świadczyć m. in. liczba publikacji ukazujących się w ostatnich latach na ten temat zarówno w Polsce, jak i za granicą. W rozprawie dokonano szczegółowego przeglądu literatury na temat rozwiązań DSM, stabilności systemu elektroenergetycznego i regulacji mocy i częstotliwości. Z przeprowadzonego przeglądu literatury wynika, że tematyka rozprawy jest ważna z naukowego punktu widzenia.

Uważam, że wyniki uzyskane przez Doktoranta w zakresie możliwości sterowania rozproszonego (wręcz niezależnego) do zadań postawionych w rozprawie mogą być źródłem inspiracji dla innych badaczy.

4. Teza i cel rozprawy

Ogólna teza pracy została sformułowana na stronie 55.: „Zarządzanie zapotrzebowaniem na energię elektryczną pozwala na poprawę stabilności dynamicznej oraz przesuwanie obciążeń szczytowych bez negatywnego oddziaływania na pracę systemu elektroenergetycznego.”

Cel zaś pracy został przedstawiony w następujący sposób: „Analiza i badanie właściwości zdecentralizowanego systemu zarządzania zapotrzebowaniem na energię elektryczną do przesuwania obciążeń szczytowych oraz poprawy stabilności dynamicznej systemu elektroenergetycznego”.

Ponieważ teza została sformułowana dość ogólnie, toteż cel pracy jest jej uszczegółowieniem. Temu służą także zdania wiążące tezę i cel, w których Autor wskazuje na konieczność opracowania stosownego rozwiązania.

Teza wraz z celem rozprawy posiada cechy oryginalności, a jej trafności Doktorant dowodzi rozwiązując szereg zagadnień szczegółowych o charakterze zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym, w szczególności:

- dokonując przeglądu zagadnień technicznych związanych z systemami DSM oraz zagadnieniami związanymi ze stabilnością systemu elektroenergetycznego,
- dokonując analizy praktycznego stosowania opcji odłączania odbiorników w gospodarstwach domowych,

- opracowując założenia systemu DADR oraz urządzenia AGP,
- dobierając parametry działania urządzenia AGP,
- opracowując model symulacyjny do badania zachowania systemu DADR,
- opracowując stanowisko laboratoryjne do badania systemu DADR,
- przeprowadzając badania na modelu symulacyjnym,
- przeprowadzając badania na stanowisku laboratoryjnym,
- opracowując wnioski z badań,

Stwierdzam, że sformułowana teza jest dobrze osadzona w dziedzinie będącej przedmiotem rozprawy i została przez Doktoranta udowodniona.

5. Ocena stanu wiedzy teoretycznej i praktycznej Autora w dyscyplinie naukowej

Autor wykazał dobrą orientację w specyficznym obszarze elektroenergetyki, jakim są rozwiązania DSM i DR. Doktorant wykazał się również dobrą znajomością zagadnień związanych z możliwościami regulacji mocy i częstotliwości w systemie elektroenergetycznym. Wymienione problemy naukowe wymagały szerokiej wiedzy w dyscyplinie „automatyka, elektronika i elektrotechnika”. Przeprowadzone w rozprawie rozważania teoretyczne, prace implementacyjne oraz eksperymenty symulacyjne i laboratoryjne świadczą także o dobrym poziomie wiedzy i umiejętności Autora w tej dyscyplinie i dyscyplinach pokrewnych.

6. Oryginalność i zakres rozwiązania zagadnienia naukowego

Doktorant rozwiązał ściśle określony problem naukowy – zdecentralizowanego zarządzania zapotrzebowaniem na energię elektryczną w celu niwelowania szczytów obciążeń oraz poprawy stabilności systemu elektroenergetycznego. W celu realizacji swoich badań opracował koncepcję zarządzania, zaprojektował i zaimplementował urządzenie do zarządzania pojedynczym odbiorem, przebadał zaproponowane rozwiązanie symulacyjnie i laboratoryjnie oraz sformułował wnioski.

Do elementów nowości, stanowiących oryginalne i najważniejsze rezultaty rozprawy oraz osiągnięcia jego Autora, zaliczam:

- analizę literaturową zagadnień,
- określenie koncepcji i wymagań funkcjonalnych systemu DADR jako całości,
- opracowanie i implementację urządzenia AGP wraz z doбором parametrów jego działania,
- przeprowadzenie szerokich badań symulacyjnych i laboratoryjnych
- opracowanie wniosków.

Uważam, że Doktorant w pełni rozwiązał postawione w rozprawie zadanie. Zastosowanie zaproponowanych rozwiązań zarówno w problemie zmniejszania szczytów obciążenia jak i problemie poprawy stabilności było, moim zdaniem, uzasadnione i właściwe.

Zakres rozprawy pokrywa się po części z realizowanym przez zespół, którego członkiem jest Doktorant, grantem NCBiR nr 213880 oraz publikacjami wspomnianego zespołu. Po przeprowadzeniu analizy tekstu rozprawy oraz analizie dokumentów dotyczących współautorstwa publikacji i zadań w granie nie mam wątpliwości, iż Autor rozwiązał postawione zadanie samodzielnie.

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Przedstawiona do oceny rozprawa posiada właściwą objętość, pozwalającą na należyte przedstawienie poszczególnych zagadnień. Autor krok po kroku prezentuje zagadnienia i rozwiązuje problemy, mające go doprowadzić do ostatecznego celu, jakim jest opracowanie nowego, skutecznego rozwiązania.

Analizując treść rozprawy stwierdzam, że Doktorant wykazał, iż posiadał następujące umiejętności:

- formułowania i rozwiązywania problemu naukowego,
- formułowania uzasadnionych założeń,
- wykorzystania i rozwijania właściwych metod badawczych,
- rozwiązywania postawionych zadań,
- budowy prototypów urządzeń i stanowisk laboratoryjnych,
- przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów,
- analizy osiągniętych wyników.

Praca jest na dobrym poziomie teoretycznym.

8. Przydatność uzyskanych wyników w praktyce

Opracowana przez Doktoranta metoda zarządzania zapotrzebowaniem, po dokonaniu szerszej analizy wpływu na rzeczywiste duże i połączone systemy elektroenergetyczne oraz po dokonaniu odpowiednich modyfikacji i uzupełnień, mogłaby być wykorzystana w praktyce zarówno zarządzania zapotrzebowaniem na poziomie mikrosieci (systemów wyspowych), jak i do zarządzania zapotrzebowaniem w skali systemu elektroenergetycznego. Wspomniane modyfikacje i uzupełnienia dotyczą m. in. stałych czasowych poszczególnych algorytmów decyzyjnych, funkcji określających prawdopodobieństwo wylosowania lub zasad blokady wyłączenia/załączenia sterowanego odbiornika energii elektrycznej. Być może w praktycznym zastosowaniu należy rozważyć możliwość zdalnego parametryzowania urządzeń AGP (raz na jakiś czas) w celu dostosowania działania do bieżących potrzeb systemu i stopnia nasycenia systemu elektroenergetycznego urządzeniami AGP.

9. Uwagi polemiczne i dyskusyjne

9.1. Uwagi o charakterze ogólnym

Przedstawia się następujące uwagi i pytania o charakterze ogólnym:

1. Teza i cel pracy powinny być sformułowane w sposób bardziej szczegółowy.
2. W podsumowaniu pracy zabrakło jawnego wskazania na to, co Doktorant uważa za swoje oryginalne osiągnięcie.
3. W stanie ustalonym częstotliwość jest taka sama we wszystkich połączonych systemach ENTSO-E pracujących synchronicznie. Oznacza to dla przykładu, że częstotliwość może wzrosnąć ponad wartość nominalną, gdy są wyjątkowo korzystne warunki do produkcji energii w turbinach wiatrowych na zachodzie Europy. Jednocześnie może dojść do poważnej awarii na terenie Polski. Czy zaproponowane w rozprawie rozwiązanie wesprze KSE w zachowaniu stabilności?
4. Czy zaproponowane rozwiązanie może wpłynąć negatywnie na pracę połączonych systemów elektroenergetycznych?
5. Czy nie należałoby rozważyć blokowania funkcji DSM w urządzeniu AGP w przypadku zbyt wysokiej częstotliwości w systemie?

6. Jaką moc pobiera urządzenie AGP? Czy można określić racjonalną, dolną granicę mocy sterowanego przez to urządzenie odbiornika?

9.2. Uwagi szczegółowe

Formułuje się następujące uwagi i pytania szczegółowe:

1. Na stronie 18 (5 wiersz od góry) wymienione jest pojęcie „Grid Code” przetłumaczone jako „kod sieciowy”. W praktyce używa się raczej pojęcia „kodeks” lub „instrukcja ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej”.
2. Na stronie 18 (9 wiersz od góry) wymienione jest pojęcie „metodologia” (nauka o metodach). W tym przypadku wydaje się, że mowa jest o zbiorze metod – czyli metodyce.
3. Na stronie 48 (8 wiersz od góry) - kwestia regulacji pobieranej mocy poprzez regulację napięcia w sieciach rozdzielczych jest omawiana w literaturze od kilku dekad. Możliwość zastosowania takiego podejścia jest oczywiście zależna od podatności napięciowej odbiorników. W zależności od podatności odbiorników na danym obszarze może dawać akceptowalne rezultaty. Rzecz jasna może także mieć odwrotny skutek od zamierzonego, gdyż wzrastają straty zarówno w urządzeniach jak i w sieci. Należy jednak unikać formułowania opinii o „nieakceptowalności na żadnej płaszczyźnie”.
4. Strona 68 – czy częstotliwość procesora STM była stabilizowana zewnętrznym rezonatorem i jaki to może mieć wpływ na dokładność pomiaru częstotliwości? Jaka jest szacunkowa dokładność pomiaru częstotliwości? Czy był badany wpływ wyższych harmonicznych napięcia na pomiar częstotliwości?
5. Strona 89 rysunek 4.7d oraz strona 91 rysunek 4.9d – przy dużym nasyceniu urządzeń częstotliwość systemu wpada w narastające oscylacje. Z czego wynikają te oscylacje i jakie środki zaradcze można podjąć? Jak zachowałby się system, gdyby zakłócenie trwało dłużej?
6. Strona 112 – (2 wiersz od góry) jednostki względne p.u. zostały przetłumaczone jako „power unit” – powinno być „per unit”.

10. Redakcja pracy

Ogólny układ redakcyjny rozprawy jest prawidłowy. Praca zawiera wszystkie zasadnicze elementy, które powinny się znaleźć w rozprawie doktorskiej (za wyjątkiem wskazania oryginalnych osiągnięć).

Rozprawa jest napisana poprawnie pod względem edytorskim i redakcyjnym, całość jest zredagowana w sposób logiczny. Wyniki naukowe rozprawy są przedstawione w sposób właściwy. Język rozprawy jest klarowny.

Mniej istotne uwagi o charakterze redakcyjnym umieszczono na recenzowanym egzemplarzu pracy.

Zakres i waga wszystkich uwag o charakterze redakcyjnym nie umniejszają wartości pracy i nie wymagają autorskiej ingerencji w tekst.

11. Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Szymona Wermińskiego zatytułowana „Zdecentralizowany system zarządzania zapotrzebowaniem na energię elektryczną do przesuwania obciążeń szczytowych oraz poprawy stabilności dynamicznej systemu elektroenergetycznego” prezentuje dobry poziom naukowy i odpowiada wymaganiom, określonym przez aktualny stan prawny. Rozprawa doktorska wpisuje się zakresem w dyscyplinę automatyka, elektronika i elektrotechnika dziedziny nauk inżyniersko-technicznych. Przedstawione uwagi polemiczne i dyskusyjne w żaden sposób nie podważają przedstawionej oceny poziomu pracy.

Stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Szymona Wermińskiego do publicznej obrony recenzowanej rozprawy.