

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Jarosława Bogacza

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Śląskiej pani prof. Moniki Kwoki z dnia 30.05.2020 r.

Tytuł rozprawy

„Optymalizacja podaży wybranych usług regulacyjnych krajowego systemu elektroenergetycznego w kontekście rozwoju odnawialnych źródeł energii”

1. Wybór tematu rozprawy

Rozwój energetyki odnawialnej postępuje bardzo dynamicznie, przyrosty roczne w skali całego globu przekraczają 150 GW. W Polsce moc 6000 MW farm wiatrowych i prawie 2000 MW fotowoltaiki, niewątpliwie skutkuje dopasowaniem do tego faktu procedur i działań operatora sieci przesyłowej. W szeregu krajów na energetyce odnawialnej budowana jest polityka energetyczna i jej perspektywa do roku 2040 i dalej, Niemcy czy Dania są tu najbardziej znanymi przykładami. Aktualny (z 2019 r.) dokument krajowy PEP 2040 także przypisuje im bardzo istotną rolę szczególnie w obszarze fotowoltaiki i morskiej energetyki wiatrowej, przy umiarkowanym tolerowaniu farm wiatrowych na lądzie. Co prawda państwo ma bardzo poważne instrumenty do stymulowania (lub wygaszania) rozwoju różnych technologii produkcji energii elektrycznej (w tym także OZE), ale nawet niechęć państwa nie powstrzyma ogólnościowych konsekwencji zmniejszania się cen jednostkowych źródeł odnawialnych i następstw tego faktu w postaci traktowania OZE jako zwykłego uczestnika rynku energii elektrycznej, który znajduje się na tym rynku w oparciu o czysto komercyjne zasady (np. Power Purchase Agreement). Znaczący udział źródeł niesterowalnych w składzie jednostek wytwórczych pracujących w systemie elektroenergetycznym wymaga zapewnienia

odpowiedniej podaży (ten termin handlowy trochę szokuje, ale jest używany) zdolności regulacyjnych – w zakresie regulacji pierwotnej, wtórnej i trójnej. Operator sieci przesyłowej musi precyzyjnie wiedzieć jakie to są wartości i o jaki ich poziom powinien zabiegać. Tak się składa, że jako osoba „z branży” pamiętam wygłaszane przez OSP opinie, że „czerwona kreska” udziału energetyki wiatrowej w Polsce to moc zainstalowana 2000 MW (właśnie z przyczyn regulacyjnych). Granica ta przesuwiała się w górę bardzo opornie, przy „wsparciu” wyrokami sądowymi, wydawanymi na korzyść energetyki wiatrowej. Tymczasem w krajach, które są liderami w stosowaniu OZE zdarzają się dni, w których ponad 75% generacji pochodzi z OZE. Poglądy na temat możliwości prowadzenia pracy systemu przy wysokim udziale źródeł sterowalnych (lub sterowalnych w ograniczonym zakresie) muszą być weryfikowane za pomocą analiz o charakterze naukowym, uwzględniających jednakże doświadczenia praktyczne.

Praca źródeł niesterowalnych prowadzi bez wątpienia do zwiększonego popytu na usługi regulacyjne. Odpowiedzią na to jest przygotowanie stosownych rozwiązań, w tym rynkowych, aby wzrost zapotrzebowania na usługi regulacyjne spowodował wzrost znaczenia i zwiększenie (w stosunku do aktualnej struktury cen) cen usług regulacyjnych. Takie mechanizmy będą prowadziły do zwiększenia podaży nowych usług tego typu.

Tym samym wysoko oceniam wybór tematu rozprawy, zarówno w sensie poznawczym – naukowym jak też praktycznym, aczkolwiek sama kwestia brzmienia jej tytułu może być przedmiotem dyskusji. W szczególności sformułowanie „optymalizacji podaży ...” mogłaby zostać zmieniona i przedstawiona jako „**metoda określenia optymalnej** podaży wybranych usług systemowych w krajowym systemie elektroenergetycznym”, albowiem w rezultacie Autor nie optymalizował KSE, tylko system testowy, a wynikiem pracy jest metoda (wraz z oprogramowaniem), którą przy odpowiednio wyższych nakładach pracy można dla KSE zastosować.

2. Ogólna ocena rozprawy

Opiniowana rozprawa zawiera 107 strony tekstu wraz z ilustracjami i wzorami oraz spisem literatury obejmującym 126 pozycji w tym 2 pozycje, których autorem mgr inż. Jarosław Bogacz.

Przedstawiony **cel pracy** jest właściwie powtórzeniem jej tytułu, tu także uważam że celem pracy było stworzenie metody określenia jaki powinien być optymalny poziom rezerwy trójnej, co Autor określa „optymalizacją podaży”. Zachodzi pytanie dla kogo przeznaczone są wyniki pracy – wydaje się, że dla OSP. Ale drążąc ten temat dalej można dociekać, czy OSP

jest zainteresowane taką optymalizacją. Oczywiście OSP powinno wiedzieć jaki jest minimalny poziom potencjału regulacyjnego, aby poprowadzić prawidłowo pracę KSE przy dużym udziale mocy z OZE. Z drugiej strony jakby wystąpiła „nadpodaż” potencjału regulacyjnego, to zgodnie z zasadami rynkowymi jego cena spadnie, czym OSP nie będzie się martwić. Tego typu dywagacji, które być może nie są słuszne, ale wyjaśniają w jakim celu i dla kogo rozwiązuje się problem naukowy postawiony jako zadanie do rozwiązania przez Doktoranta, w tekście rozprawy nieco brakuje.

Co do **tezy pracy**, to jedyne zastrzeżenie z mojej strony wynika z faktu, że przedmiotem pracy jest de facto jedna metoda i Autor powinien dowieść w pracy, że jej zastosowanie wpłynie pozytywnie na bezpieczeństwo pracy KSE, wobec uzasadnionego politycznie (póki co), ekologicznie i rynkowo dużego udziału źródeł odnawialnych w strukturze wytwarzania. W pracy taki dowód przeprowadzono, więc moja uwaga ma wyłącznie charakter dyskusji metodologicznej.

Pozycje literatury zostały zestawione prawidłowo, co więcej są one Autorowi znane, ponieważ cytuje je bardzo obszernie i w odpowiednich miejscach swojej rozprawy.

Praca jest napisana w sposób bardzo staranny, mam jednak wątpliwości co słuszności wyboru koncepcji edycyjnej – bardzo małą czcionkę, pojedyncze odstępki, podział koncepcji prezentacji pojęć na tekst główny i załączniki uważam za niezbyt szczęśliwe rozwiązanie. Bardzo znaczącym narzędziem komunikacji inżynierskiej jest rysunek, ich duża liczba znajduje się w załącznikach – kosztem tekstu głównego. Profesjonalizm Doktoranta, wynikający z Jego obecnego doświadczenia zawodowego, obciążył nieco tekst rozprawy zbyt rozbudowaną terminologią prawną oraz ekonomiczną, kosztem prostego języka technicznego wspartego rysunkiem.

Istotna część informacji, danych oraz wyników obliczeń została zamieszczona w trzech obszernych załącznikach liczących odpowiednio 19, 30 i 33 strony. Tym samym kompozycja pracy wydaje się być właściwa, jeśli rozpatruje się problematykę objętą dziedziną nauk technicznych: sformułowanie problemu technicznego bliskiego praktyce, ale przy równoczesnym dobrym umocowaniu naukowym, opracowanie modeli matematycznych, wybór metody rozwiązania problemu i przeprowadzenie dowodu, że jest ona skuteczna. Pewne zastrzeżenia co do sposobu realizacji tego zadania, przedstawiono w kolejnym rozdziale recenzji.

Kwintesencją osiągnięcia badawczego (które jest podstawą do nadania stopnia doktora) jest moim zdaniem sformułowanie funkcji celu procesu optymalizacyjnego wraz ze zdefiniowaniem ograniczeń – wyrażenie (36) wraz z warunkami zamieszczonymi dalej.

Można stwierdzić, że zadanie badawcze po zdefiniowaniu funkcji celu stało się właściwie zmodyfikowanym zadaniem określanym w energetyce kodem UC (Unit Commitment), do rozwiązania którego doktorant zastosował program MOST. Taką kwalifikację można łatwo zastosować, ale realizacja zadania nie jest łatwa.

Ponieważ Autor wykonał duże zadanie badawcze silnie umiejscowione w praktyce, opis wykonanego zadania wymagał bez wątpienia umiejętności redagowania rozpraw naukowych i raportów. Tę umiejętność Autor opanował w dobrym stopniu i trudno mu postawić w tym zakresie zarzuty redakcyjne czy edycyjne (oprócz wspomnianej już wielkości czcionki i umieszczania zbyt dużej części materiału w załącznikach) Lektura pracy jest ciekawa, choć bez wątpienia trudna, można ją polecać nie tylko specjalistom – i nie jest to także postrzegane przez recenzenta jako wada.

Podsumowując, ogólna ocena rozprawy, jest w bardzo pozytywnej, choć jej Autor zapomina momentami czy jest doktorantem przedstawiającym rozwiązanie problemu naukowego, czy menagerem sektora energetyki biorącym udział w procesie decyzyjnym.

3. Uwagi szczegółowe i krytyczne

Oceniając pozytywnie przedmiot rozprawy i uzyskane wyniki, pragnę także zwrócić uwagę na kwestie dyskusyjne. Pragnę także zastrzec, że stopień złożoności niektórych formuł i wyrażeń jest tak duży, że nawet bardzo wnikliwa praca recenzenta nie jest w stanie przesądzić o ich prawidłowości lub ewentualnych błędach szczegółowych.

W sensie merytorycznym moje wątpliwości (i prośbę o komentarz Autora) budzą wymienione niżej elementy pracy (przedstawiam je częściowo także w formie pytań).

1. Kluczowe dla istoty badań sformułowanie ze strony 63 „*Funkcja celu pozwalająca na realizację optymalizacji łącznej energii elektrycznej i usług systemowych w horyzoncie długoterminowym, z uwzględnieniem uwarunkowań określonych w powyższych pkt. a) – e) ma postać przedstawioną zależnością (36)*” idzie zbyt daleko. Otóż funkcja celu w każdym zadaniu optymalizacyjnym minimalizuje pewien wskaźnik, pewną wartość wielkości fizycznej. Funkcja (36) zapewnia minimalizację pewnego kosztu w postaci takiej ją zbudował jej autor. Nie optymalizuje energii ani działań wokół niej skupionych tylko podaje kiedy będą one, razem biorąc, najtańsze. Ale czy będą najbezpieczniejsze, czy najlepsze dla ludzi ? To jednak nie przekłada się tak prosto na pieniądze, a jeśli tak przyjmujemy to trzeba mieć ku temu silne podstawy teoretyczne.

2. Na stronie 65 Doktorant zwięźle skomentował kwestie generacji wymuszonej. Mam wrażenie, że w przykładzie obliczeniowym już się do niech nie odniósł. Czy możliwe jest określenie ile ta generacja wynosiła dla systemu testowego – w stosunku do mocy maksymalnej i minimalnej w różnych porach roku oraz w kolejnych latach analizy ?
3. Kontynuując moją polemikę co do sposobu prezentacji wyników badań, odnoszę się do rozdziału 5 (Przykład obliczeniowy ...). Ten rozdział to jeden z filarów rozprawy, gdyby wywody w rozdziałach poprzednich były błędne wszystko by się w rozprawie zawaliło. Tak więc to nie jest moim zdaniem przykład obliczeniowy, tylko „wyniki optymalizacji dla systemu testowego”; tak tytuł podnosi rangę rozdziału liczącego 22 strony i zawartych w nim treści, uzupełnionych jeszcze obszernymi tabelami z załączników.
4. Doktorant nie podjął (słusznie) ryzyka i trudu optymalizacji dla całego KSE, prowadząc obliczenia dla stosunkowo małego systemu testowego. Ale w kwestii systemów testowych świat energetyków jest bardzo zaawansowany, takie systemy jak np. IEEE 118 są powszechnie znane i stosowane. Autor włożył bardzo dużo pracy w przygotowanie tego systemu i dobór wartości wszystkich parametrów, starając się upodobnić go do KSE. Specjaliści od modelowania zarzucą Mu, że to podobieństwo nie jest udowodnione, że wynika tylko z intuicji Autora. Faktycznie można było system krajowy mocno uprościć i zastosować taki model do badań; ze swojej praktyki w zakresie analiz możliwości przyłączeniowych stosowaliśmy takie podejście. Wystąpienie z zademonstrowanym systemem w renomowanym czasopiśmie nie wzbudzi tyle zainteresowania co wystąpienie z systemem przyjmowanym jako benchmark.
5. Podpis pod Rys. 10. *Uporządkowane wielkości godzinowe wartości produkcji mocy dla źródeł wiatrowych i fotowoltaicznych (przygotowane na podstawie [86])* nie odpowiada, jak się wydaje treści rysunku, który prezentuje godzinową zmienność produkcji odniesioną do 1 MW mocy zainstalowanej.
6. Na stronie 24 Autor podaje przykłady inwestycji z zakresu OZE, które charakteryzuje niezwykle niska cena sprzedaży wyprodukowanej energii (np. 17,9 USD/MWh dla farmy PV w Arabii Saudyjskiej). Według pobieżnych rachunków tak niskie koszty sprzedawanej energii nie pokrywają nawet nominalnych kosztów inwestycji. Jak wytłumaczyć tę sprzeczność ?

7. Doktorant jednym zdaniem wspominał o elektromobilności w aspekcie działań zdefiniowanych jako V2G, czyli zwrotu energii z akumulatorów trakcyjnych pojazdów do sieci. Czy ten aspekt magazynowania ma szanse na realne wdrożenie w horyzoncie np. 10 lat. A jeśli tak, czy można jego oddziaływanie i zasięg zwymiarować w stosunku do systemu testowego.
8. Niestety rozdział rozprawy „podsumowanie i wnioski” zostawia pewien niedosyt. Część wypunktowanych pozycji jest bardzo rozbudowana (jeden wniosek to prawie ½ strony), w części z nich Autor powraca do kwestii wymienionych w pierwszej części pracy. Moim zdaniem należało odnieść się do KSE, czyli wskazać OSP co go czeka, co powinien robić, jak się przygotować do zmian. Ciekawe byłoby przygotowanie takiej „recepty” w postaci kilku jednozdaniowych formuł.
9. Byłbym wdzięczny za wyraźne określenie roli działań DSM oraz magazynowania w KSE w nadchodzących latach, może to mylne wrażenie ale wydało mi się z lektury rozprawy że Autor tę rolę minimalizuje.

4. Uwagi końcowe, podsumowanie, spełnienie wymogów ustawowych

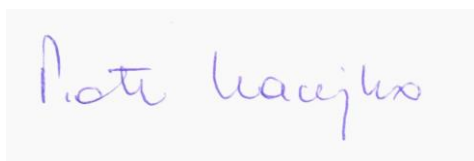
Ustawa o stopniach i tytule naukowym (art.13 ustawy „starej”) jak też ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (art.187 ustawy „nowej”) wymagają, aby rozprawa doktorska stanowiła oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. To wymaganie opiniowana rozprawa bez wątplenia spełnia, a sposób rozwiązania problemu przedstawiony w pracy jest obiecujący i dający możliwość praktycznego wykorzystania. Ustawa formułuje pod adresem doktoranta oczekiwania, aby wykazał się on wiedzą w danej dyscyplinie, umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz umiejętnością przedstawienia jej wyników. Te wszystkie cechy i umiejętności mgr inż. Jarosław Bogacz niewątpliwie posiada, co udowodnił w rozprawie i w wykonanych w ramach tej rozprawy obliczeniach komputerowych opartych na sformułowanym w rozprawie obszernym zadaniu optymalizacyjnym. Jego wiedza teoretyczna w dyscyplinie elektrotechnika (obecnie automatyka, elektronika i elektrotechnika) została przekonująco udowodniona.

Lista istotnych wniosków i osiągnięć rozprawy, które powinny być uznane za jej i Doktoranta oryginalny dorobek zawiera elementy wymienione na stronach 94-98, choć wydaje się, że listę swoich osiągnięć mgr inż. Jarosław Bogacz zbyt zminimalizował. Jak już stwierdzono wyżej praca powinna zainteresować operatora sieci przesyłowej, istotne jest, aby

było to zainteresowanie kurtuazyjne, lecz by znalazł się zespół, który podejmie wyzwanie uruchomienia obliczeń (po wcześniejszym zebraniu danych) dla całego KSE, co jest niewątpliwie niełatwym zadaniem.

Pragnę podkreślić, że Doktorant od początku do końca pracy konsekwentnie realizuje jej cel, „panuje” nad jej tekstem, pomimo zbytniego zagłębiania się czasami w kwestie prawne i ekonomiczne, w jasny i zrozumiały sposób pokazuje wszystkie istotne elementy pracy: genezę, tezę, zakres, przegląd wiedzy istniejącej, sformułowania problemu, rozwiązanie problemu, testy, podsumowanie i literaturę.

Biorąc przedstawioną wyżej ocenę pod uwagę stwierdzam, że opiniowana rozprawa mgr inż. Jarosława Bogacza odpowiada wymaganiom ustawowym stawianym przed rozprawami doktorskimi (Ustawa o stopniach i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 r., ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 20 lipca 2018 r.) i wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature appears to be "Piotr Kaczkowski".