

Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Politechnika Opolska
henryk.majchrzak13@gmail.com

Recenzja Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Arkadiusza Przychodzenia

„Metoda określania optymalnej strategii realizacji zobowiązań podjętych w ramach aukcji
oraz wtórnego rynku mocy”

1. Podstawa prawna recenzji

Postawą prawną wykonanej recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej prof. dr. hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego nr RND – IŚGiE/1/2023 z dnia 9 stycznia 2023 oraz zawarta na tej podstawie umowa o dzieło nr 1130/2023 na sporządzenie ww. recenzji.

2. Tematyka, cel, zakres i tezy rozprawy

Tematyka rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy zasad funkcjonowania w Polsce rynku mocy, a w tym warunków kontraktacji związanych z tym umów oraz wykonywania przez strony tych umów tzw. obowiązków mocowych. Proces ten związany jest z istotnym ryzykiem biznesowym uczestników rynku mocy, będących operatorami jednostek wytwórczych objętych obowiązkiem mocowym. W tej sytuacji kluczowe staje się opracowanie przez wytwórców optymalnej strategii udziału w aukcjach oraz późniejszej realizacji wynikających stąd umownych zobowiązań. Na potrzeby opracowania niniejszej rozprawy autor przeprowadził przegląd krajowych i zagranicznych publikacji dotyczących zagadnień związanych z funkcjonowaniem rynków mocy. Celem przeglądu było między innymi sprawdzenie czy dane zagadnienie było analizowane w dotychczasowych publikacjach. W wyniku przeglądu nie znaleziono publikacji, których zakres pokrywałby się z określonym przez autora celem pracy. W świetle przedstawionych argumentów temat recenzowanej pracy doktorskiej uważam, za istotny i aktualny zarówno w obszarze badań naukowych, jak i możliwości ich praktycznego wykorzystania.

Cel rozprawy

Celem pracy jest opracowanie metody określania optymalnej strategii realizacji zobowiązań podjętych w ramach aukcji oraz wtórnego rynku mocy uwzględniającej zagadnienia związane z zarządzaniem ryzykiem, realizację celu określonego przez Dostawcę Mocy, a także opracowanie zestawu założeń i danych niezbędnych do przeprowadzenia analizy scenariuszy. Model decyzyjny opisany w rozprawie może stać się częścią modułu zarządzania rynkiem mocy w ramach wirtualnej elektrowni.

Zakres rozprawy

W części teoretycznej zebrane zostały informacje dotyczące regulacji prawnych określających zasady funkcjonowania rynku mocy w Polsce. Opisane zostały procesy, w których biorą udział jednostki wnioskujące o uczestnictwo w rynku mocy. W związku ze stworzeniem nowego rynku zostały wprowadzone nowe definicje opisujące uczestniczące w nim jednostki, odmienne od stosowanych dotychczas na rynku energii zasad. Jako wprowadzenie do dalszej części pracy zostały szczegółowo scharakteryzowane aukcje rynku mocy, rynek wtórny oraz zasady wykonywania obowiązków mocowych.

W części praktycznej przedstawiona została strategia składająca się z trzech grup strategii cząstkowych, opisująca zasady określania optymalnego podejścia do realizacji procesów udziału w aukcjach, rynku wtórnym i wykonywania obowiązku mocowego. Dla każdej ze strategii opracowane zostały szanse i ryzyka związane z realizacją każdego z nich. Na potrzeby podjęcia optymalnych decyzji opisany został zbiór założeń i danych potrzebnych do opracowania analizy poszczególnych scenariuszy. Treść rozprawy została sformułowana w ramach następującego planu:

- przegląd regulacji prawnych określających funkcjonowanie rynku mocy w Polsce,
- opis procesu certyfikacji ogólnej i zasad definiowania jednostek fizycznych,
- opis procesu certyfikacji do aukcji i zasad definiowania jednostek rynku mocy,
- przedstawienie zasad przebiegu aukcji mocy,
- charakterystyka zasad wykonywania obowiązków mocowych wraz z przykładami wzorów obliczeń dla różnych konfiguracji jednostek wytwórczych,
- opis zasad kalkulacji wynagrodzenia i kar z tytułu wykonywania obowiązków,
- określenie strategii udziału w rynku pierwotnym poprzez przedstawienie scenariuszy działań, założeń i danych wejściowych oraz opis zasad przeprowadzania analizy,
- określenie strategii udziału w rynku wtórnym poprzez przedstawienie scenariuszy działań, założeń i danych wejściowych oraz opis zasad przeprowadzania analizy,

- określenie strategii wykonywania obowiązków poprzez przedstawienie scenariuszy działań, założeń i danych wejściowych oraz opis zasad przeprowadzania analizy,
- podsumowanie i określenie wniosków wynikających z pracy.

Tezy rozprawy

Głównym celem autora rozprawy było opracowanie metody określania optymalnej strategii uczestnika rynku mocy dla realizacji jego zobowiązań podjętych w ramach aukcji oraz wtórnego rynku mocy dla różnych jednostek wytwórczych, a w tym opracowanie zestawu założeń i danych niezbędnych do przeprowadzenia analizy scenariuszy.

Na tej podstawie zostały sformułowane następująca tezy pracy:

- opracowana metoda określania optymalnej strategii realizacji zobowiązań podjętych w ramach aukcji oraz wtórnego rynku mocy umożliwia wykorzystanie jej jako zbioru zasad dotyczących udziału w rynku mocy jednostek wytwórczych o różnych technologiach i charakterze pracy,
- stosowanie opracowanej metody wymaga szczególnego podejścia do zagadnień związanych z zarządzaniem ryzykiem i realizację określonych przez dostawcę mocy celów, a także opracowanie zestawu założeń i danych niezbędnych do przeprowadzenia analizy scenariuszy i wyboru tego, który spełnia określone założenia.

3. Ogólna ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa składa się z 238 stron obejmujących odpowiednio: 228 strony tekstu zasadniczego, 5 stron bibliografii, 5 stron obejmujących spis rysunków i tabel oraz 1-stronicowy załącznik.

Pierwszy rozdział pracy zawiera wprowadzenie, w którym przedstawiono charakterystykę tzw. jednotowarowego rynku energii elektrycznej, wskazując na okoliczności które legły u podstaw rozważań nad zasadnością wprowadzenia w Polsce tzw. rynku mocy. Podkreślono, że podstawowym czynnikiem wpływającym na potrzebę zmian w tym zakresie był rosnący udział energii elektrycznej produkowanej w odnawialnych źródłach energii, które posiadając ustawowy priorytet we wprowadzaniu jej do systemu, spowodowały niekorzystny wpływ na warunki pracy konwencjonalnych źródeł energii. Za najważniejsze z nich autor wskazał wymuszone przez operatora systemu przesyłowego (OSP) częstsze zmiany obciążenia źródeł konwencjonalnych oraz mniejszy ich udział w bilansie energetycznym Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), co skutkowało obniżeniem przychodów ze sprzedaży energii elektrycznej. W efekcie operatorzy konwencjonalnych jednostek wytwórczych

poważnie rozważali stopniowe wycofywanie z eksploatacji niektórych z nich, co wobec braku należytego tempa budowy nowych jednostek wytwórczych, zagrażało bezpieczeństwu pracy systemu, mierzonej zapewnieniem ciągłości dostaw energii do odbiorców. W drugiej części tego rozdziału dokonano krótkiego podsumowania różnych rodzajów wdrażanych na świecie mechanizmów rynku mocy. Szkoda jednak, że nie dokonano porównania ich między sobą, wskazując jednocześnie na ich najważniejsze zalety i wady, w tym w odniesieniu do krajowego rynku energii, chociaż brak ten niweluje podany w końcowej części rozdziału uzupełniający przegląd publikacji w tym zakresie, co dociekliwy czytelnik może dobrze wykorzystać.

W rozdziale drugim autor przedstawił syntetycznie cel pracy wskazując, iż jest nim opracowanie metody określania przez dostawcę mocy optymalnej strategii realizacji zobowiązań podjętych w ramach aukcji, będącej rynkiem pierwotnym oraz wtórnego rynku mocy. Podkreślono, że kluczowe jest tu zagadnienie sprawnego zarządzaniem ryzykiem przez dostawcę mocy, a w tym opracowanie zestawu założeń i danych niezbędnych do analizy scenariuszy. Następnie opisano zakres pracy, wskazując na jej część teoretyczną, dotyczącą regulacji prawnych funkcjonowania rynku mocy w Polsce oraz opracowane na tej podstawie procesy organizacji tego rynku, a w tym: rynek pierwotny, wtórny oraz zasady wykonywania obowiązków mocowych. W części praktycznej skoncentrowano się na przedstawieniu trzech grup strategii cząstkowych, opisujących zasady określania optymalnego podejścia do realizacji poszczególnych procesów udziału w aukcjach, w rynku wtórnym i wykonywania obowiązku mocowego. W tej części pracy sformułowano podstawowe dwie tezy, będące przedmiotem dalszych rozważań i analiz autora.

Rozdział trzeci pracy poświęcony został szczegółowemu przedstawieniu zasad funkcjonowania rynku mocy w Polsce. W pierwszej części opisano zdefiniowane w ustawie o rynku mocy, jednostki fizyczne rynku mocy, wyodrębniając spośród nich tzw. jednostki fizyczne wytwórcze. Jako wartościowe dla dalszych analiz autora dotyczących zagadnienia rynku mocy w Polsce recenzent wskazuje przedstawioną kwalifikację różnych konfiguracji jednostek wytwórczych wraz z układami zasilania ich potrzeb własnych i ogólnych oraz niezbędnym do bilansowania mocy układami pomiarowym. W kolejnych fragmentach rozdziału autor mozolnie opisuje formalne procesy rynku mocy obejmujące kolejno certyfikację oraz zasady przeprowadzania aukcji rynku mocy. Obszernie zilustrowano graficznie różne możliwe przykłady przebiegu aukcji mocy, zależne od relacji składnych ofert w stosunku do krzywej zapotrzebowania sformułowanej przez OSP. Na tej podstawie możliwe było przygotowanie opisanych w dalszej części pracy strategii wykonania obowiązków mocowych. Należy jednak

zauważyć, że graficzna prezentacja poszczególnych przypadków przebiegu aukcji pozostawia wiele do życzenia. W szczególności nie opisano na osiach wielkości, na które powołuje się autor w obliczeniach kosztów i korzyści związanych z przyjęciem lub odrzuceniem konkretnej oferty (Pg, Pd, Cg, Cd) oraz nie zadbano o czytelność zastosowanej kolorystyki. Opisana niedoskonałość nie zmienia jednak przydatności przedstawionych wariantów i ich analizy, do zasadniczych analiz prowadzonych w rozprawie. Dodatkowo opisano mechanizm działania wtórnego rynku mocy, będącego uzupełnieniem aukcji prowadzonych w ramach rynku pierwotnego. W kolejnej części tego rozdziału autor opisał sposób wykonywania obowiązków mocowych, zarówno w ramach pozostawania w gotowości do dostarczenia mocy, jak i w ramach jej dostarczenia w okresach zagrożenia ogłoszonych przez OSP. Sporo miejsca w pracy zarezerwowano na przepisanie wzorów i związanych nimi opisów z opublikowanego przez OSP Regulaminu Rynku Mocy, co zdaniem recenzenta nie było konieczne. Skutkuje to powstaniem tzw. dłużyzn osłabiających ogólny obraz rozprawy, który powinien się koncentrować na dorobku własnym autora. W pełni uzasadnione jest natomiast umieszczenie w końcowej części rozdziału zasad wykonywania obliczeń realizacji obowiązków mocowych w różnych konfiguracjach jednostek wytwórczych i zasilania potrzeb własnych oraz ogólnych, spójnie z ich kwalifikacją przedstawioną na początku tego rozdziału.

W rozdziale czwartym przedstawiono zasadniczą część pracy dotyczącą strategii zachowania się uczestnika rynku mocy w każdym z podstawowych etapów jakimi są kolejno: rynek pierwotny, wtórny oraz wykonywanie obowiązków mocowych wynikających z udziału w ww. rynkach. W ramach rynku pierwotnego zdefiniowano dwie kategorie scenariuszy: wolumenowy i cenowy. Odpowiednio w ramach scenariusza wolumenowego wyodrębniono scenariusz wolumenu maksymalnego, optymalnego i bezpiecznego. Dla każdego scenariusza poprawnie opisano szanse i ryzyka z nim związane oraz podano zależności na wyliczenie tzw. zysku netto uzyskiwanego w ramach przyjęcia obowiązku mocowego. Zdaniem recenzenta należało w tym punkcie analizy użyć innego określenia niż zysk netto, bowiem pojęcie to zgodnie z powszechnie obowiązującymi zasadami rachunkowości zarezerwowane jest dla innych wielkości ekonomicznych. Poprawnym określeniem byłoby użycie na przykład określenia przychód netto z wykonania obowiązku mocowego, odróżniając go od przychodu z wykonania obowiązku mocowego, jako pierwszego składnika zależności (4.1.1.). Za nieprawidłowe recenzent wskazuje również użycie pojęcia jednostkowych kosztów zmiennych w zależności (4.1.5.), w tym miejscu należało użyć np. określenia jednostkowe koszty dodatkowe, ponoszone przez dostawcę obowiązku mocowego, a zależne wprost od

wysokości tego obowiązku. Na pewno nie są nimi koszty zakupu paliwa, bowiem te są rozliczane w niezależnym od mechanizmu mocowego systemie bilansowania przychodów i kosztów, związanych bezpośrednio z produkcją energii elektrycznej i ciepła. Należałoby wskazać konkretny i wiarygodny przykład wystąpienia kosztów dodatkowych, zależnych od przyjętego scenariusza wolumenowego, tak aby przyszłemu użytkownikowi opracowanej strategii zwrócić uwagę na ten aspekt kosztów. Jednocześnie dla porządku należało raczej umieścić zależność na obliczenie rozważanych przychodów netto z wykonania obowiązku mocowego, w pierwszym z rozpatrywanych scenariuszy, a potem konsekwentnie powołać się na ww. zależność w kolejnych scenariuszach wolumenowych. W kolejnej części rozdziału przedstawiono w ramach rynku pierwotnego odpowiednio pięć scenariuszy cenowych: scenariusz biernego uczestnictwa w aukcji, dodatniego NPV dla inwestycji, pokrycia kosztów stałych, ceny uwzględniającej marżę pozostałych przychodów oraz scenariusz braku udziału w aukcji. Każdy z nich został opisany w odniesieniu do okoliczności uzasadniających jego kwalifikację wraz z przedstawieniem związanych z tym szans i ryzyk. Recenzent uznaje, że struktura kwalifikacji scenariuszy od pełnego pokrycia kosztów stałych do braku ich pokrycia, jest co do zasady prawidłowa, jednak przyjęte w tym zakresie nazewnictwo budzi wątpliwości, zwłaszcza w przypadku scenariusza nazwanego „scenariuszem ceny uwzględniającej marżę pozostałych przychodów”. Prawidłowym określeniem, odzwierciedlającym zamysł autora, mogłoby być np. scenariusz pokrycia części kosztów stałych.

W zasadniczej części tego rozdziału autor sformułował założenia strategii rynku pierwotnego. W ramach tej analizy określił między innymi sposób określenie mocy netto jednostki rynku mocy, a w tym jedynie zasygnalizował zjawisko degradacji maszyn i urządzeń jednostki wytwórczej. Zagadnienie to jest odrębnym złożonym zagadnieniem technicznym, jednak na potrzeby recenzowanej pracy, jego dalsze rozwijanie, nie było konieczne. Kolejno opisano również koszty inwestycyjne i kapitałowe jednostek wytwórczych, koszty stałe utrzymania jednostki wytwórczej, koszty zmienne wytwarzania energii elektrycznej. Zdaniem recenzenta zagadnienia kosztów stałych i zmiennych potraktowano zbyt ogólnie, należało co najmniej wskazać poszczególne kategorie tych kosztów, tak aby budując na tej podstawie algorytmy wyboru określonych scenariuszy uczestnictwa w aukcjach, dobrze uzasadnić ścieżkę przejścia przez te procesy. W punkcie 4.1.3. autor zamieścił zdaniem recenzenta najważniejszą część swojej pracy, jakim są algorytmy wyboru scenariuszy wolumenowych i cenowych. Co do zasady algorytmy te odzwierciedlają opisy warunków i związanych z nimi okoliczności, które opisał autor w części poprzedzającej ich opracowanie. W odniesieniu do algorytmów wyboru

scenariusza wolumenowego ważne byłoby sprecyzowanie kryteriów odpowiedzi na kluczowe pytania dotyczące poziomu akceptacji ryzyka przez dostawcę mocy. Autor przyjął założenie, że niezbędnym do przyjęcia scenariusza maksymalnego wolumenu jest „posiadanie przez Dostawcę Mocy postawy skłonności do podejmowania ryzyka, czyli podejmowania decyzji również w przypadku, gdy prawdopodobieństwo poniesienia straty jest wysokie”. O ile logika takiego zapisu jest jasna, to sama kwalifikacja udzielenie poprawnej odpowiedzi nie została podana. Dotyczy to zasadniczo również pozostałych przypadków ujętych w algorytmie (oprócz wariantu nr 4, tj. braku udziału w aukcji). Opisana sytuacja jest barierą, bez pokonania której wybór określonego scenariusza pozostaje w sferze dużego subiektywizmu ze strony osób podejmujących w tym zakresie decyzję. Oczywiście obiektywną i istotną wartością algorytmu jest uporządkowanie procesów związanych z podejmowaniem przez inwestora decyzji dotyczących jego udziału w rynku mocy. Rozszerzenie tego zagadnienia powinno jednak zasługiwać na większą uwagę autora. Podobny problem występuje w procesie podejmowania decyzji dotyczących wyboru właściwej strategii cenowej. Kryterium wyboru jest tu na przykład „brak wpływu przychodów z rynku mocy na sytuację ekonomiczną jednostki warunkującą jej dalsze funkcjonowanie lub na wskaźniki określające efektywność ekonomiczną inwestycji”. Jak wiadomo przychody z rynku mocy mają wpływ na wskaźniki efektywności ekonomicznej jednostki rynku mocy, pozostaje zatem do wyjaśnienia do jakiego poziomu i dla którego wskaźnika, wpływ ten uznać należy za nieistotny, wybierając w tym wypadku scenariusz nr 1 – tj. biernego uczestnictwa w aukcji.

W kolejnym podpunkcie 4.2. tego rozdziału autor opisuje strategię rynku wtórnego. Zagadnienie to przedstawiono na 57 stronach opiniowanej rozprawy. W pierwszym fragmencie rozdziału opisano trzy scenariusze możliwych działań: brak podejmowania działań, przeniesienie obowiązku mocowego na inną jednostkę rynku mocy i przyjęcie tego obowiązku od innej jednostki. Podobnie jak w rozdziale 4.1 dotyczącym rynku pierwotnego, zdefiniowano ryzyka związane z dokonanym wyborem oraz opisano wynikające stąd szanse. W podrozdziale 4.2.2. przedstawiono inny zestaw scenariuszy działań w ramach tego samego rynku, wyróżniając odpowiednio scenariusz aktywny i pasywny. W podrozdziale tym przedstawiono szereg zależności na podstawie autor rekomenduje wyliczenie korzyści finansowej przeprowadzanych transakcji. Ważną pozycją tych analiz jest wyliczenie kar, jakie mogą zostać nałożone na jednostkę rynku mocy w różnych sytuacjach, a tym w przypadkach wystąpienia rzeczywistych okresów zagrożenia i ich testowania przez operatora systemu przesyłowego. W podrozdziale 4.2.3 opisano bardzo istotne zdaniem recenzenta zagadnienie

średnioterminowej strategii rynku wtórnego. W ramach analizy tej strategii autor słusznie przeanalizował czynniki wpływające na zachowanie uczestnika rynku mocy w ramach opracowywania tej strategii. W szczególności poruszono zagadnienia: wielkości naliczenia potencjalnych kar, prognozowania niezawodności jednostki wytwórczej, wpływu warunków atmosferycznych na moc dyspozycyjną jednostki mocy, problemu planowania prac remontowych oraz prawdopodobieństwa wystąpienia okresów zagrożenia. Zdaniem recenzenta chociaż dość ogólne potraktowanie większości tych czynników na potrzeby niniejszej pracy jest uzasadnione, to jednak należało więcej uwagi poświęcić prawdopodobieństwu wystąpienia stanów zagrożenia, w ramach których jednostka rynku mocy wykonuje zakontraktowany obowiązek mocowy. W podrozdziale 4.2.4 opisano krótkoterminową strategię rynku wtórnego, przedstawiając ją w kontekście analiz przedstawionych w ramach strategii średnioterminowej. W wyniku analiz przedstawionych w podrozdziałach 4.2.3. i 4.2.4. opisano w bardzo skróconej formie realizację strategii rynku wtórnego. Zdaniem recenzenta, podobnie jak wykonano to w punkcie 4.1.3., można było opracować algorytmy wyboru rozpatrywanych przez autora scenariuszy. Algorytmy te odzwierciedlając opisane wcześniej warunki i związane z nimi okoliczności, stanowiłyby cenne uzupełnienie pracy, które mogłyby stanowić podstawę do dalszej automatyzacji procesu podejmowania decyzji w tym zakresie. Analogiczna sytuacja dotyczy opisanego w podpunkcie 4.3. strategii wykonywania obowiązków mocowych. Sporządzenie na jej podstawie algorytmu postępowania służb odpowiedzialnych za ten proces, pozwoliłoby na jego automatyzację i usprawnienie poprawności podejmowania decyzji w tym zakresie. Bez wątpienia ma to wpływ na efektywność ekonomiczną funkcjonowania na rynku energii uczestnika rynku mocy.

W rozdziale 5-tym autor przedstawił bardzo ogólnie wyniki wdrożenia opisanego metody w PKN Orlen. Jak wynika z opisu, wdrożenie zakończyło się powodzeniem. Niewątpliwą wartością dodaną pracy, byłoby przedstawienie wniosków wynikających z przeprowadzonego wdrożenia, pod kątem relacji założeń pierwotnych opisanych w pracy do wartości osiągniętych w praktyce. Zdaniem recenzenta było to możliwe bez naruszania zasad ochrony tajemnicy przedsiębiorstwa, bowiem odnosiłoby się to wyłącznie do materiałów opublikowanych w samej pracy. Dość skromnie przedstawiono w podsumowaniu obszar zatytułowany śródtytułem „Analiza sytuacji w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym”. Punkt ten wymagałby dodatkowo aktualizacji, bowiem w podsumowaniu autor odnosi się do prognoz dotyczących roku 2022, co można było odpowiednio skomentować i wyprowadzić z tego wnioski.

W ostatniej części pracy, w podpunkcie 5.2. przedstawiono wnioski końcowe. W ramach tego podsumowania przywołano ponownie cel pracy, jakim były: opracowanie optymalnej strategii realizacji zobowiązań podjętych w ramach aukcji i związanego z nimi rynku mocy, analiza i zarządzanie ryzykiem oraz zastosowanie wielu scenariuszy działań dla każdego z etapów funkcjonowania rynku mocy. Zdaniem autora opracowana metoda, stanowi zbiór zasad udziału w rynku mocy różnych jednostek wytwórczych, prowadząc do przygotowania szeregu założeń, determinujących przygotowanie określonych scenariuszy zachowań i wyboru najlepszego z nich. Tak więc zdaniem autora cele rozprawy zostały osiągnięte, a teza udowodniona.

Autor sformułował w podsumowaniu dodatkowe obserwacje, wynikające z praktycznych doświadczeń funkcjonowania w Polsce rynku mocy. Szkoda, że na bazie tych obserwacji nie podjął się sformułowania dodatkowych wniosków, których wykorzystanie pozwoliłoby poprawić funkcjonowanie ww. rynku oraz co równie ważne, określenia nowych obszarów badawczych w tym zakresie. Wykonanie złożonej analizy, jaką musiał wykonać autor w ramach sformułowania przedmiotowej strategii, niewątpliwie generowało określone trudności, których pokonanie w przyszłości mogłoby być tematem oddzielnych badań i opracowań naukowych, na różnych poziomach edukacji i badań naukowych. Zdaniem recenzenta, na uwagę zasługują co najmniej: zaawansowane badania statystyczne z wykorzystaniem różnych technik i narzędzi, w celu prognozowania określonych wielkości, determinujących funkcjonowanie rynku mocy, automatyzacja opracowywania modeli funkcjonowania uczestników rynku mocy oraz aktualizacji tych modeli z wykorzystaniem na przykład technologii sztucznej inteligencji, czy algorytmów samouczących się, prognozowanie bilansu mocy w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym, pozwalające lepiej przewidywać wystąpienie tzw. okresów zagrożenia, i wiele innych. Niezależnie jednak od ww. braku, zdaniem recenzenta, już samo opracowanie przedmiotowej strategii, samo w sobie jest inspiracją do dalszych badań w tym zakresie przez innych bezpośrednich i pośrednich uczestników tego rynku. Okoliczność tą oceniam jako pozytywny wkład autora w dalszy rozwój budowania europejskiego rynku energii elektrycznej.

4. Uwagi redakcyjne i merytoryczne

4.1. Uwagi redakcyjne

Redakcja rozprawy powinna być wykonana staranniej. Poniżej podano wybrane uwagi, które zdaniem recenzenta wymagają odnotowania:

1. wykaz zastosowanych skrótów powinien być wykonany w alfabetycznej kolejności,
2. wykaz oznaczeń nie zawiera skrótów używanych w pracy np. PO, PW, których nie wyjaśniono również w tekście pracy,
3. bibliografia została sporządzona w kolejności cytowania pozycji – nie jest to najlepsze rozwiązanie – nie pozwala np. na szybkie wyszukiwanie prac konkretnych autorów,
4. w tekście jest sporo uwag edycyjnych: litery pozostawione na końcu linii, braki przecinków, różne oznaczenia numerów wzorów i zależności, niejednolite podejście do oddzielanych od siebie tzw. punktorów w ramach sporządzanych list numerowanych, niespójność zastosowanie liczby pojedynczej i mnogiej w jednym zdaniu (np. str. 39 Nowe Jednostki Rynku Mocy Wytwórcza), itp.,
5. niestety zdarzyły się również błędy ortograficzne (str. 227, 216, ...),
6. nieprawidłowo i niekonsekwentnie używane w tekście skróty: PSE i OSP,
7. niestaranny opis rysunków (np. Rysunki 10 i 11 mają identyczny opis, a odnoszą się do innego przypadku przebiegu aukcji),
8. nie wszystkie oznaczenie użyte we wzorach zostały opatrzone wyjaśnieniem,
9. niejednolicie przyjęta w tekście jednostka dla obowiązku mocowego, tj. z dodanym lub nie symbolem roku,
10. niejednolite wyodrębnienie nagłówków tekstu dla opisywanych scenariuszy (z podkreśleniem nazwy scenariusza, innym razem bez podkreślenia),
11. niewłaściwe jednostki dla niektórych wskaźników: podane we wzorze (4.1.18) jednostkowe koszty zmienne, które powinny być wyrażone w PLN/MWh, zamiast w PLN/MW,
12. nieczytelna i niespójna numeracja poszczególnych rozdziałów i zagadnień będących przedmiotem pracy. Zdaniem recenzenta, np. kluczowa część pracy, jaką jest „realizacja strategii rynku pierwotnym” (takim tytułem na str. 143 opatrzone ten fragment pracy), zasługuje na ujęcie jej w ramach oddzielnego rozdziału, co pozwoliłoby na dużo bardziej czytelny układ całości pracy.

4.2. Uwagi merytoryczne

1. W drugiej części rozdziału pierwszego dokonano krótkiego podsumowania różnych rodzajów wdrażanych na świecie mechanizmów rynku mocy. Szkoda jednak, że autor nie dokonał porównania ich między sobą, wskazując jednocześnie ich najważniejsze zalety i wady, w tym zwłaszcza w odniesieniu do krajowego rynku energii. Brak ten niweluje podany w końcowej części rozdziału uzupełniający przegląd publikacji w tym zakresie, ale odpowiednia synteza byłaby w mojej ocenie cennym uzupełnieniem pracy.
2. W rozdziale trzecim obszernie zilustrowano graficznie różne przykłady przebiegu aukcji mocy, zależne od relacji składnych ofert w stosunku do krzywej zapotrzebowania sformułowanej przez OSP. Na tej podstawie możliwe było przygotowanie opisanych strategii wykonania obowiązków mocowych. Należy jednak zauważyć, że graficzna

prezentacja poszczególnych przypadków przebiegu aukcji nie jest dostatecznie czytelna. W szczególności nie opisano na osiach wielkości, na które powołuje się autor w obliczeniach kosztów i korzyści związanych z przyjęciem lub odrzuceniem konkretnej oferty, a zastosowana kolorystyka jest nieczytelna.

3. Za niewłaściwe recenzent wskazuje użycie pojęcia jednostkowych kosztów zmiennych w zależności (4.1.5.), w tym miejscu należało użyć np. określenia jednostkowe koszty dodatkowe, ponoszone przez dostawcę obowiązku mocowego, zależne wprost od wysokości tego obowiązku. Na pewno nie są nimi koszty zakupu paliwa, bowiem te są rozliczane w niezależnym od mechanizmu mocowego systemie bilansowania przychodów i kosztów, związanych bezpośrednio z produkcją energii elektrycznej i ciepła. Należałoby wskazać konkretny przykład wystąpienia kosztów dodatkowych, zależnych od przyjętego scenariusza wolumenowego.
4. W punkcie 4.1.3. autor zamieścił zdaniem recenzenta najważniejszą część swojej pracy, jakim są algorytmy wyboru scenariuszy wolumenowych i cenowych. Co do zasady algorytmy te odzwierciedlają warunki i związane z nimi okoliczności, które opisał autor w części poprzedzającej ich opracowanie. W odniesieniu do algorytmów wyboru scenariusza wolumenowego ważne byłoby jednak sprecyzowanie kryteriów odpowiedzi na kluczowe pytania dotyczące poziomu akceptacji ryzyka przez dostawcę mocy. Opisana sytuacja jest barierą, bez pokonania której wybór określonego scenariusza pozostaje w sferze dużego subiektywizmu ze strony osób podejmujących w tym zakresie decyzję.
5. Zdaniem recenzenta, podobnie jak wykonano to w punkcie 4.1.3., można było opracować algorytmy wyboru rozpatrywanych przez autora scenariuszy. Algorytmy te odzwierciedlając opisane wcześniej warunki i związane z nimi okoliczności, stanowiłyby cenne uzupełnienie pracy, które mogłyby być podstawą do dalszej automatyzacji procesu podejmowania decyzji w tym zakresie. Analogiczna sytuacja dotyczy opisanej w podpunkcie 4.3. strategii wykonywania obowiązków mocowych.
6. W rozdziale 5-tym autor przedstawił bardzo ogólnie wyniki wdrożenia opisanej metody w PKN Orlen. Jak wynika z opisu, wdrożenie zakończyło się powodzeniem. Niewątpliwą wartością dodaną pracy, byłoby przedstawienie wniosków wynikających z przeprowadzonego wdrożenia, pod kątem relacji założeń pierwotnych opisanych w pracy do wartości osiągniętych w praktyce. Zdaniem recenzenta było to możliwe bez naruszania zasad ochrony tajemnicy przedsiębiorstwa.

7. Autor sformułował w podsumowaniu dodatkowe obserwacje, wynikające z praktycznych doświadczeń funkcjonowania w Polsce rynku mocy. Szkoda, że na bazie tych obserwacji nie podjął się sformułowania również wniosków, których wykorzystanie pozwoliłoby poprawić funkcjonowanie ww. rynku oraz określić nowe obszary badawcze w tym zakresie.

5. Podsumowanie

Autor rozprawy zgodnie z wymogami, o których mowa w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami.), udowodnił umiejętność samodzielnego prowadzenia prac naukowych poprzez poprawne sformułowanie problemu oraz opracowanie spójnego planu osiągnięcia założonych w rozprawie celów szczegółowych i poprawnego sformułowania wniosków końcowych. Takie podejście pozwoliło również na udowodnienie postawionej w rozprawie tezy. Przeprowadzony przez autora przegląd krajowych i zagranicznych publikacji dotyczących zagadnień związanych z funkcjonowaniem rynków mocy wykazał, że nie znaleziono publikacji, których zakres pokrywałby się z określonym przez autora celem pracy. Celem przeglądu było również sprawdzenie czy dane zagadnienie było już analizowane w dotychczasowych publikacjach, a jeśli tak, to w jakim zakresie. W tych okolicznościach broni się teza, że opracowane przez autora niniejszej pracy algorytmy i związane z nimi szczegółowe rozwiązania, stanowią jego oryginalne osiągnięcie. Całość rozprawy oraz jej posadowienie w kontekście funkcjonowania rynku energii elektrycznej pozwala na stwierdzenie, że autor dysponuje wymaganą wiedzę teoretyczną oraz posiada umiejętności praktycznego rozwiązywania problemów w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej powyżej oceny stwierdzam, że opiniowana rozprawa mgr. inż. Arkadiusza Przychodzenia pt.: „Metoda określania optymalnej strategii realizacji zobowiązań podjętych w ramach aukcji oraz wtórnego rynku mocy”, spełnia wymagania o których mowa w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku: Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami) i stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Stanisław Mojżowski

[Signature]