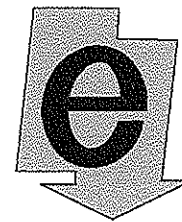




Prof. dr hab. inż. Mirosław Parol
POLITECHNIKA WARSZAWSKA
WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY
Instytut Elektroenergetyki
Zakład Sieci i Systemów Elektroenergetycznych
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa
Adres prywatny: ul. 1 Maja 36A, 96-515 Teresin



Warszawa, 07.11.2016

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Łyżwy

Tytuł rozprawy:

„Optimization of Energy Mix with Significant Shares of Renewable Energy Sources”

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej, wykonanej w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Władysława Mielczarskiego, pełniącego funkcję promotora, oraz dr. inż. Michała Wierzbowskiego – promotora pomocniczego, jest pismo Prodziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, prof. dra hab. inż. Andrzeja Bartoszewicza z dnia 15 czerwca 2016, powołujące się na odpowiednią uchwałę Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej.

Recenzja została opracowana na podstawie przedłożonego tekstu rozprawy.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Łyżwy zatytułowana „Optimization of Energy Mix with Significant Shares of Renewable Energy Sources”. Rozprawa zawiera stronę tytułową, oświadczenie oraz 246 stron ponumerowanych od 1 do 246, w sumie 248 stron. Praca jest napisana w języku angielskim, przy czym zawiera również streszczenie w języku polskim. Część pierwsza pracy (strony od 1 do 11) zawiera spis treści (table of contents) oraz spis skrótów (list of abbreviations). Część druga – zasadnicza rozprawy (strony od 12 do 189) zawiera 13 rozdziałów (chapters) oznaczonych odpowiednio od 1 do 13. Część trzecia pracy (strony od 190 do 246) zawiera: podziękowania, streszczenie w języku angielskim, streszczenie w języku polskim, 4 załączniki (Appendix I, Appendix II, Appendix III i Appendix IV), spis rysunków (list of figures), spis tabel (list of tables), spis publikacji współautorstwa Doktoranta (list of publications), spis referatów lub prezentacji autorstwa bądź współautorstwa Doktoranta (list of conferences), spis źródeł bibliograficznych (references) – zawierający 152 pozycje, z tego 8 pozycji jest współautorstwa Doktoranta.

3. Zagadnienie naukowe, jego sformułowanie, aktualność i waga

Podjęte przez Autora zagadnienie naukowe polega na opracowaniu nowego podejścia do optymalizacji miks energetyczny w systemie elektroenergetycznym w perspektywie długoterminowej; prezentowany w rozprawie model dotyczy planowania rozwoju generacji. Tak więc rozważane zagadnienie naukowe mieści się w obszarze systemów elektroenergetycznych.

Główną uwagę Doktorant koncentruje na opracowaniu nowej, kompleksowej metody optymalizacji miksu energetycznego w horyzoncie długoterminowym, opracowaniu możliwych scenariuszy rozwoju generacji, przeprowadzeniu obliczeń optymalizacyjnych dla tych scenariuszy oraz porównaniu możliwości nowej metody z możliwościami metody tradycyjnej. Ponadto dokonuje szczegółowej analizy cech charakterystycznych opracowanej przez siebie nowej metody.

Miks energetyczny jest rozumiany przez Autora jako skład jednostek wytwórczych w systemie elektroenergetycznym, zapewniający równowagę między produkcją i zapotrzebowaniem na energię w każdej chwili czasu, przy możliwie najniższym całkowitym koszcie produkcji energii elektrycznej. Należy się zgodzić z Doktorantem, że planowanie miksu energetycznego jest zagadnieniem złożonym, które musi uwzględniać techniczne i ekonomiczne ograniczenia dotyczące pracy systemu elektroenergetycznego, jak również decyzje polityczne, w szczególności dotyczące emisji gazów cieplarnianych. Ze względu na długi okres trwania inwestycji w elektroenergetyce oraz długi, kilkudziesięcioletni czas pracy konwencjonalnych jednostek wytwórczych, miks energetyczny powinien być wyznaczany w odpowiednio długim horyzoncie czasowym. Do planowania miksu energetycznego wykorzystywane są zaawansowane narzędzia informatyczne i modele obliczeniowe, zazwyczaj modele optymalizacyjne. W rozprawie do obliczeń optymalizacyjnych zostało wykorzystane środowisko obliczeniowe FICO® Xpress Optimization Suite oraz solver o nazwie FICO® Xpress – Optimizer. Środowisko to i solver są używane również przez PSE S.A. do planowania pracy systemu elektroenergetycznego, tj. do sporządzania bilansu mocy w systemie na dzień następnny.

Tematyka rozprawy wiąże się bezpośrednio z zagadnieniem rozwoju podsektora wytwórczego systemu elektroenergetycznego. Przedstawiane zagadnienie ma bardzo istotne znaczenie ze względu na obserwowany ciągły wzrost zapotrzebowania na moc i energię elektryczną. Jednocześnie należy zauważyć, że znaczna liczba jednostek wytwórczych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE) będzie w kolejnych latach wycofywana z eksploatacji, m.in. z uwagi na osiągnięcie określonego, technicznego czasu życia. Jeszcze jedną istotną kwestią wartą podkreślenia jest obserwowany ciągły rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym źródeł wytwórczych charakteryzujących się dużą zmiennością profilu generacji (źródła wiatrowe oraz słoneczne). Poszukiwanie optymalnego miksu energetycznego ma więc istotne znaczenie, zarówno z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej dla odbiorców, jak i aspektów ekonomicznych tego procesu (kosztów produkcji energii elektrycznej). W procesie optymalizacji powinny również zostać uwzględnione aspekty krótkoterminowe pracy systemu, np. zapewnienie minimalnego poziomu rezerwy mocy. Tak więc opracowanie nowej metody rozwiązania rozważanego w rozprawie zadania optymalizacyjnego ma istotne znaczenie praktyczne i poznawcze. Problematyka rozprawy jest więc aktualna na tle obecnego stanu wiedzy i potrzeb elektroenergetyki.

O wadze podjętego w rozprawie zagadnienia naukowego może świadczyć m.in. liczba publikacji ukazujących się na ten temat zarówno w Polsce, jak i za granicą. W rozprawie dokonano szczegółowego przeglądu literatury na temat działania systemów elektroenergetycznych w Europie (w zakresie: polityki klimatycznej i energetycznej w UE, rozwiązań prawnych w UE, emisji gazów cieplarnianych, działania systemu elektroenergetycznego, rynków energii) oraz modelowania i optymalizacji systemu elektroenergetycznego (w zakresie: miksu energetycznego, metod optymalizacyjnych, kosztów budowy i działania elektrowni, modelowania systemu). Z przeprowadzonego przeglądu literatury wynika, że tematyka rozprawy jest ważna z naukowego punktu widzenia.

Uważam, iż wyniki uzyskane przez Doktoranta w zakresie możliwości planowania optymalnego długoterminowego miksu energetycznego (w szczególności dotyczące

wykorzystania w tym celu krzywych RLDC, tj. uporządkowanych krzywych obciążeń netto) mogą być źródłem wiedzy i inspiracji dla innych badaczy, zarówno w zakresie analizowanej tematyki, jak i w innych zadaniach z dziedziny elektroenergetyki.

4. Cel i teza rozprawy

Zasadniczym celem rozprawy było przedstawienie nowego podejścia (metody kompleksowej) do optymalizacji długoterminowego miksu energetycznego, z zastosowaniem uporządkowanej krzywej obciążenia netto (RLDC), i porównanie tego podejścia z tradycyjną metodą optymalizacji miksu. Przyjętą w procesie optymalizacyjnym funkcją celu była minimalizacja całkowitych kosztów budowy i działania jednostek wytwórczych z jednoczesnym spełnieniem ograniczeń technicznych, ekonomicznych i prawnych. Do rozwiązania opracowanego modelu matematycznego zastosowano programowanie liniowe całkowitoliczbowe mieszane (mixed-integer linear programming).

Główny cel rozprawy został moim zdaniem osiągnięty.

Sformułowana na stronie 14. rozprawy teza stwierdza, iż: „Możliwe jest przeprowadzenie długoterminowej, kompleksowej optymalizacji planowania miksu energetycznego w zakresie technologii generacji mocy, wykorzystując w tym celu uporządkowaną krzywą obciążenia netto, do reprezentowania nieciągłego wpływu odnawialnych źródeł energii, zwiększając ich udział w produkcji energii elektrycznej i utrzymując odpowiedni poziom bezpieczeństwa dostaw energii przez zapewnienie bilansu dotyczącego dostawy i zapotrzebowania na moc i energię.

W szczególności, możliwe jest:

- przeprowadzenie długoterminowej optymalizacji miksu energetycznego w dużych systemach elektroenergetycznych,
- zoptymalizowanie rozwoju OZE w sposób spójny z rozwojem konwencjonalnych jednostek generacji mocy,
- zastosowanie uporządkowanej krzywej obciążenia netto w optymalizacji długoterminowej do:
 - identyfikacji nadprodukcji energii elektrycznej przez OZE w planowaniu długoterminowym,
 - określenia spadku obciążenia szczytowego netto wynikającego z większego udziału OZE,
 - analizy ograniczenia produkcji przez jednostki wytwórcze centralnie dysponowane, powodowanego przez wzrastające udziały OZE w całkowitej produkcji energii elektrycznej.”

(It is possible to carry out the long-term, comprehensive optimization of energy mix planning of the power generation technologies taking into account the residual load duration curve to represent the intermittent impact of renewable energy sources, increasing their share in electricity production and maintaining the adequate level of security supply by ensuring the balance of supply and demand for power and energy. In particular, it is possible to:

- perform the long term energy mix optimization in large power systems,
- optimize the RES development consistently with conventional power generating units,
- apply the residual load duration curve in long term optimization to:
 - identify electricity overproduction of RES in long-term planning,
 - determine the decrease of net peak load resulting from higher RES penetration,
 - analyse the reduction of Centrally Dispatch Generation Units' production caused by the increasing shares of the RES in overall electricity production.)

Przedstawiona w rozprawie teza posiada cechy oryginalności, a jej prawdziwości Doktorant dowodzi rozwiązując szereg zagadnień szczegółowych o charakterze zarówno poznawczym jak i aplikacyjnym, w szczególności:

- analizując pracę systemu elektroenergetycznego, biorąc pod uwagę Europejską Politykę Energetyczną;
- analizując metody modelowania stosowane obecnie do optymalizacji miksu energetycznego i wskazując nowe, możliwe podejście w tym zakresie;
- budując model matematyczny zadania optymalizacji, tj. formułując funkcję celu oraz ograniczenia techniczne, ekonomiczne i prawne w nowym podejściu do optymalizacji miksu energetycznego;
- wybierając odpowiednią metodę optymalizacji, spośród metod programowania nieliniowego oraz liniowego;
- przyjmując odpowiednią strukturę (model) systemu elektroenergetycznego do weryfikacji opracowanej metody;
- dokonując określenia scenariuszy, które będą podlegały symulacji;
- weryfikując proponowaną metodę poprzez dokonanie symulacji zdefiniowanych scenariuszy;
- analizując uzyskane wyniki obliczeń symulacyjnych;
- dokonując porównania możliwości nowej metody optymalizacji miksu energetycznego z możliwościami metody tradycyjnej;
- formułując wnioski i zalecenia do dalszych prac badawczych.

Stwierdzam, że sformułowana teza rozprawy 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 się wysokim poziomem wiedzy w specyficznym obszarze elektroenergetyki, jakim jest planowanie rozwoju podsektora wytwórczego systemu elektroenergetycznego, jak również bardzo dobrą znajomością innych zagadnień związanych z funkcjonowaniem systemu elektroenergetycznego oraz zagadnień ekonomicznych w elektroenergetyce. Wymienione problemy naukowe wymagały odpowiedniej wiedzy w dyscyplinie „Elektrotechnika”. Przeprowadzone w rozprawie rozważania teoretyczne oraz eksperymenty obliczeniowe świadczą także o dobrym poziomie wiedzy Autora w dziedzinie optymalizacji.

Doktorant jest autorem bądź współautorem kilkunastu artykułów i referatów na konferencje.

6. Oryginalność i zakres rozwiązania zagadnienia naukowego

Doktorant rozwiązał ściśle określony problem naukowy – opracowanie nowej metody optymalizacji miksu energetycznego w horyzoncie długoterminowym, z wykorzystaniem krzywych RLDC. W celu realizacji swoich badań opracował model matematyczny analizowanego zadania optymalizacyjnego, a następnie przeprowadził odpowiednie eksperymenty obliczeniowe (symulacje) na tym modelu (skalibrowanym dla warunków polskiego systemu elektroenergetycznego), z wykorzystaniem opracowanej przez siebie nowej metody optymalizacji miksu energetycznego.

Nowa metoda optymalizacji miksu energetycznego pozwala na:

- uwzględnienie zmienności generacji przez OZE w długoterminowym planowaniu rozwoju systemu elektroenergetycznego;
- maksymalizację udziału OZE w produkcji energii elektrycznej, z jednoczesnym zapewnieniem odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa dostaw energii;

- oszacowanie nadprodukcji energii elektrycznej powodowanej przez OZE, które generują energię elektryczną, zgodnie z ich zmiennymi profilami. Nadwyżka energii może zostać ograniczona, zmagazynowana lub wyeksportowana; w rozprawie zastosowano mechanizm ograniczenia generacji energii przez OZE o zmiennym profilu generacji, tj. elektrownie wiatrowe i słoneczne;
- oszacowanie maksymalnej mocy dyspozycyjnej jednostek wytwórczych w oparciu o obciążenie szczytowe netto zamiast całkowitego obciążenia szczytowego w każdym roku;
- oszacowanie mocy dyspozycyjnej OZE o zmiennej generacji (elektrowni wiatrowych i słonecznych), które są angażowane w przypadku obciążenia szczytowego netto w poszczególnych latach, zgodnie z ich rzeczywistym profilem generacji;
- oszacowanie wykorzystania mocy poszczególnych jednostek wytwórczych, która jest ograniczona z powodu wzrastającego udziału OZE;
- uwzględnienie wymagania dotyczącego odpowiedniego poziomu „must-run generation”.

Opracowana metoda należy do grupy metod określanych mianem „optymalizacji scenariuszowej”, w których optymalizacja miksu energetycznego jest przeprowadzana dla scenariusza określanego przez zbiór wartości wybranych parametrów modelu. Metoda ta pozwala nie tylko na określenie technologii jednostek wytwórczych (wykorzystujących zarówno odnawialne jak i konwencjonalne nośniki energii), lecz również na określenie wpływu zdefiniowanego miksu energetycznego na środowisko (emisję CO₂), na wielkość zasobów finansowych, niezbędnych do użycia na inwestycje w wytwarzanie energii oraz na koszty wytwarzania energii.

W celu weryfikacji opracowanego modelu optymalizacyjnego, w rozprawie zdefiniowano 4 możliwe scenariusze rozwoju, które różnią się cenami pozwoleń na emisję CO₂, cenami gazu oraz wymaganymi minimalnymi poziomami generacji energii elektrycznej z OZE.

Porównanie wyników optymalizacyjnych uzyskanych za pomocą obydwu podejść (metody tradycyjnej oraz metody kompleksowej) pokazuje zasadnicze różnice w rozwoju OZE. Wynika to zdaniem Autora z różnych sposobów modelowania rozwoju OZE w obydwu metodach, a w szczególności z zastosowania krzywych RLDC w drugim podejściu.

Zaobserwowano zjawisko ograniczenia wykorzystania mocy elektrowni konwencjonalnych z powodu rozwoju OZE o zmiennej generacji. Wyniki pokazują również, że duży rozwój OZE o zmiennej generacji (elektrowni wiatrowych), z zastosowaniem mechanizmu ograniczenia generowanej energii, prowadzi do spadku kosztów energii elektrycznej w systemach ze znaczącym udziałem OZE.

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

- dokonanie gruntownego przeglądu literatury dotyczącego działania systemów elektroenergetycznych w Europie oraz modelowania i optymalizacji systemu elektroenergetycznego;
- dokonanie analizy metod wykorzystujących uporządkowaną krzywą obciążenia (LDC) oraz uporządkowaną krzywą obciążenia netto (RLDC) oraz modyfikacji tych metod dla potrzeb optymalizacji długoterminowej miksu energetycznego;
- opracowanie metody kompleksowej optymalizacji miksu energetycznego z uwzględnieniem zmodyfikowanej metody uporządkowanej krzywej obciążenia netto (RLDC);
- przeprowadzenie optymalizacji scenariuszowej i symulacji komputerowych, pokazujących efektywność działania nowej metody kompleksowej optymalizacji miksu energetycznego;

- przeprowadzenie analizy porównawczej pokazującej różnice w działaniu nowej metody planowania długoterminowego miksu energetycznego w stosunku do metody tradycyjnej.

Uważam, że Doktorant rozwiązał w pełni postawione w rozprawie zadanie. Opracowanie nowej, kompleksowej metody optymalizacji miksu energetycznego w horyzoncie długoterminowym było moim zdaniem uzasadnione.

Po przeprowadzeniu analizy tekstu rozprawy oraz odbyciu rozmowy z Doktorantem uważam, iż Autor rozwiązał postawione zadanie samodzielnie.

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Przedstawiona do oceny rozprawa jest bardzo obszerna. Autor rozwiązuje w niej kolejne problemy, mające go doprowadzić do ostatecznego celu, jakim jest opracowanie nowej metody optymalizacji miksu energetycznego w horyzoncie długoterminowym, tj. w latach 2020-2050, oraz porównanie nowego i tradycyjnego podejścia do rozwiązania tego zadania.

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

- formułowania i rozwiązywania problemu naukowego,
- przyjmowania uzasadnionych założeń,
- wykorzystania i rozwijania właściwych metod badawczych,
- rozwiązywania postawionych zadań,
- adaptacji istniejących narzędzi informatycznych do rozwiązywania konkretnych problemów,
- przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów,
- analizy osiągniętych wyników,
- wytyczania nowych celów badawczych.

Praca prezentuje wysoki poziom naukowy.

8. Przydatność uzyskanych wyników w praktyce

Opracowana przez Doktoranta nowa metoda optymalizacji miksu energetycznego w horyzoncie długoterminowym, w wersji obecnej lub po dokonaniu odpowiednich uzupełnień, mogłaby być wykorzystana w ośrodkach i instytucjach planowania rozwoju systemów elektroenergetycznych. Wspomniane uzupełnienia mogłyby m.in. dotyczyć uwzględnienia w obliczeniach modelu sieci przesyłowej i lokalizacji jednostek wytwórczych, jak również uwzględnienia zagadnienia magazynowania energii w systemie elektroenergetycznym.

9. Uwagi polemiczne i dyskusyjne

Przedstawia się następujące uwagi i pytania szczegółowe:

1. Wydaje się, że prezentowane w rozprawie zadanie planowania miksu energetycznego w horyzoncie długoterminowym mogłoby zostać sformułowane jako problem optymalizacji wielokryterialnej. Co Doktorant sądzi na ten temat?
2. Mam wątpliwości, czy elektrownie gazowe (jak wynika z tekstu – patrz str. 26 w₆₋₇) charakteryzują się długim czasem rozruchu oraz ograniczoną elastycznością działania.
3. Jak podano w tekście rozprawy (str. 50 w₆₋₈), prezentowana wersja modelu miksu energetycznego nie zawiera modelu sieci przesyłowej i lokalizacji jednostek wytwórczych. Mam pytanie: czy można ocenić wpływ tego założenia na jakość uzyskiwanych w procesie optymalizacyjnym rozwiązań?
4. Czy w opisie pod wzorem (4.1) na str. 51, pod wzorem (4.13) na str. 58 oraz pod wzorem (4.17) na str. 59 nie brakuje informacji, że w zbiorze U oraz N (dotyczy opisu pod wzorem (4.13)) są również zawarte elektrownie gazowe o mocy 450 MW?

5. Moim zdaniem, sposób budowy macierzy **B_MAT** (str. 59) wymaga bardziej szczegółowego wyjaśnienia.
6. Mam wątpliwości, co do adekwatności tytułu rozdziału 5 rozprawy (Setting the simulation model and program), biorąc pod uwagę jego zawartość.
7. W rozprawie mowa jest o kosztach krańcowych generacji energii (str. 91, 93, 103, 104 i dalsze); niestety, koszty te nie zostały w rozprawie zdefiniowane.
8. Wyniki podane w ostatniej kolumnie tabeli 6.2 (str. 100), patrząc na krzywe pokazane na rys. 6.13 (str. 101), dotyczą raczej roku 2045, a nie roku 2050.
9. Moim zdaniem, skrócenie (ograniczenie) czasu pracy jednostek wytwórczych centralnie dysponowanych (patrz rys. 7.6 na str. 111 oraz rys. 4 na str. 199) nie zostało pokazane w sposób prawidłowy.
10. Proszę o odpowiedź: czy prawdziwe jest podane na str. 135 stwierdzenie: „The shorter the step is, the shorter is the calculation time”?
11. Należałoby wyjaśnić, w jaki sposób oszacowano (str. 137), że „capacity of must-run units” dla polskiego systemu elektroenergetycznego wynosi 6000 MW.
12. Mam pytanie: z czego wynika duża zmienność (pasmowość) krzywej RLDC pokazanej na rys. 9.1 na str.138?
13. Należałoby szczegółowo wyjaśnić, co było podstawą założonych wartości mocy zainstalowanych w kolejnych latach w elektrowniach wiatrowych i elektrowniach słonecznych, podanych w tabeli 9.2 na str. 140.
14. W tekście na str. 148 mowa jest m.in. o nadprodukcji powodowanej zmienną generacją OZE oraz konieczności jej ograniczenia lub eksportu energii. Wspomina się również o możliwości magazynowania energii. Co spowodowało, że aspekt magazynowania energii nie był przedmiotem rozprawy?
15. Dlaczego w obliczeniach optymalizacyjnych (patrz str. 150) przyjęto podział krzywych RLDC na 12 odcinków (sekcji)?
16. Na str. 162, we wzorze (10.24) w nawiasie zamiast „excluding wind and PV” powinno chyba być „for wind and PV”.
17. W rozprawie (str. 188) brak jest bezpośredniego stwierdzenia, że teza rozprawy została, zdaniem jej Autora, udowodniona. Odbyło się to w sposób pośredni w odniesieniu do części głównej tezy rozprawy. Uważam również, że zagadnienie ograniczenia produkcji przez JWCD, powodowanego przez wzrastające udziały OZE w całkowitej produkcji energii elektrycznej, o czym mowa w części szczegółowej tezy, powinno być lepiej wyjaśnione w rozprawie.
18. Należałoby wyjaśnić, czy w rozprawie wykorzystywane jest (patrz str. 193) programowanie całkowitoliczbowe czy całkowitoliczbowe mieszane (mixed integer linear programming - MILP).

10. Redakcja pracy

Ogólny układ redakcyjny rozprawy jest prawidłowy. Praca zawiera wszystkie zasadnicze elementy, które powinny się znaleźć w rozprawie doktorskiej. Jedyna uwaga dotyczy zamieszczonej na str. 232 – 235 listy publikacji oraz listy konferencji (referatów konferencyjnych i prezentacji). Zdaniem recenzenta, jest sprawą dyskusyjną, czy listy te powinny być częścią składową rozprawy doktorskiej.

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.

Mam drobne uwagi dotyczące stosowanej terminologii. Dotyczy to np. braku precyzji w definiowaniu pojęcia „must-run generation” oraz używania słowa „methodology” w sytuacjach, gdzie lepszym rozwiązaniem byłoby stosowanie słowa „method” lub „methods”.

W rozprawie występują również dość liczne usterki redakcyjne. Dotyczą one m.in.: usterek językowych, braku powołań w tekście na niektóre rysunki, powołań w tekście na niewłaściwe numery rysunków, nieprecyzyjnych sformułowań, nieścisłości, powtórzeń wzorów, powtórzeń tabel, braku opisu jednostek na osi rzędnej na niektórych rysunkach, niepełnego opisu niektórych pozycji bibliograficznych.

Wszystkie 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 mgra inż. Wojciecha Łyżwy zatytułowana „Optimization of Energy Mix with Significant Shares of Renewable Energy Sources” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje na wysoki poziom wiedzy teoretycznej z dyscypliny Elektrotechnika, a także na umiejętność prowadzenia pracy naukowej przez Kandydata do stopnia naukowego doktora. Przedstawione uwagi polemiczne i dyskusyjne w żaden sposób nie podważają przedstawionej oceny poziomu pracy. Wymieniona rozprawa spełnia wymagania sprecyzowane w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 z 2003, poz. 595 z późniejszymi zmianami).

Stawiam wniosek o dopuszczenie do publicznej obrony recenzowanej rozprawy mgra inż. Wojciecha Łyżwy.

Mirosław Parol