



R E C E N Z J A
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Edmunda CIESIELKI pt.:
Zarządzanie źródłami rozproszonymi w aspekcie bilansowania handlowego i technicznego.
Agregacja źródeł

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Pana Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej dr. hab. inż. Ryszarda Sroki prof. nadzw. z dnia 5.07.2019 r., dotyczące opracowania recenzji rozprawy doktorskiej.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Edmunda Ciesielki pod tytułem „Zarządzanie źródłami rozproszonymi w aspekcie bilansowania handlowego i technicznego. Agregacja źródeł”.

Przedłożona rozprawa doktorska liczy łącznie 124 strony tekstu. W tej objętości wyróżniono 8 rozdziałów, streszczenia w języku polskim oraz angielskim, wykaz skrótów i oznaczeń, bibliografię oraz spisy rysunków i tabel.

3. Ocena aktualności tematyki rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy szeroko pojętego zagadnienia bezpieczeństwa pracy systemu elektroenergetycznego. Bezpieczeństwo to rozumiane jest jako potrzeba i umiejętność zapewnienia ciągłości pokrycia zapotrzebowania na moc i energię elektryczną w warunkach krajowych. Dla tak pojętego bezpieczeństwa można określić wymiar podmiotowy i przedmiotowy. W wymiarze podmiotowym podnoszona jest kwestia odbiorcy, wytwórcy oraz operatora jako podmiotów bezpośrednio zaangażowanych w kreowanie wymiaru i poczucia bezpieczeństwa. Na operatorze systemu spoczywa obowiązek zapewnienia zbilansowania popytu i podaży w systemie elektroenergetycznym. Tym samym jest to zadanie, w ramy którego wpisuje się potrzeba poszukiwania i wykorzystywania dostępnych zasobów bilansowych. Odbiorca aktywny, obok wytwórcy, jest beneficjentem

stanu bezpieczeństwa i zarazem potencjalnym dostawcą środków, których wykorzystanie rozszerza zakres zasobów bilansowych również po stronie popytowej. Z perspektywy przedmiotowej bezpieczeństwo jest odniesione do urządzeń istniejących oraz wprowadzanych do systemu, których wykorzystanie tworzy fizycznie wspomniane zasoby bilansowe.

Poszukiwanie zasobów bilansowych, sposobu ich wykorzystania oraz uzasadnienia handlowego stało się przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej. Oznacza to, że jej treść wpisuje się w aktualny problem zapewnienia bieżącego i długoterminowego bezpieczeństwa funkcjonowania Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE). Przedstawione rozważania są zatem nie tylko aktualne, ale i potrzebne w świetle prognozowanych stanów bilansowych, które wiązać się mogą z postawionymi wymaganiami regulacyjnymi, ekonomicznymi i środowiskowymi. Perspektywa zmian związanych z rozwojem energetyki odnawialnej, realia rynkowe oraz regulacje środowiskowe stwarzają nowy obraz wymagań dla strony organizacyjnej, jak i technicznej w sektorze elektroenergetycznym. Stąd ważnym zadaniem jest podejmowanie problemów i poszukiwanie rozwiązań zarówno na polu dyscyplin naukowych oraz w praktyce zawodowej. Dlatego tematykę rozprawy można uznać za aktualną i użyteczną, a przedstawioną rozprawę można zakwalifikować do dyscypliny naukowej elektrotechnika.

4. Ogólna charakterystyka rozprawy

Treści przedmiotowej rozprawy doktorskiej wychodzą z realnej oceny sytuacji bilansowej KSE. U podstaw leży zatem relacja podażowo-popytowa i związany z nią efekt efektywnego zarządzania systemem. Efektywność ta postrzegana jest w maksymalizacji wykorzystania dostępnych środków (po stronie wytwórców/odbiorców) przy akceptowalnym wyniku ekonomicznym. Wśród dostępnych środków w rozprawie nacisk położony został na źródła rozproszone, a w szczególności na tzw. agregaty rezerwowe, ich potencjał, wykorzystanie i efekty. Na tej podstawie sformułowano problemy pracy:

- 1) określenie efektywnego technicznie i ekonomicznie sposobu wykorzystania mocy źródeł rozproszonych;
- 2) ocena wymagań w zakresie infrastruktury umożliwiającej wykorzystanie źródeł rozproszonych;
- 3) rozliczenie wytworzonej w ramach bilansowania energii elektrycznej.

Dla realizacji tych celów rozprawę przygotowano z wyróżnieniem 8 rozdziałów.

Pierwszy rozdział, zgodnie z tytułem, ma charakter wprowadzenia do treści rozprawy. W rozdziale tym Doktorant zawarł cel pracy – określony jako odpowiedź na ww. problemy, przedstawił tezę pracy, nakreślił cele szczegółowe oraz krótko omówił wypracowaną strukturę rozdziałów.

W rozdziale drugim Doktorant opisał zasady bilansowania handlowo-technicznego KSE w bieżących, rynkowych realiach. W zadaniu bilansowania wykazany został problem zarządzania przez operatora systemu i roli rynku mający swoje ugruntowanie w bieżącym równoważeniu zapotrzebowania z dostawą energii elektrycznej oraz problem inwestowania w nowe moce wytwórcze, który w wieloletnim horyzoncie wykazuje deficyt mocy wytwórczych w KSE. Na tym tle przywołane zostały rozwiązania rynku bilansującego oraz usługi DSR, tzw. odpowiedzi strony popytowej. Poza tymi rozwiązaniami zostały przedstawione również inne rozwiązania, wprowadzane aktualnie a mające charakter środków zaradczych zarządzania bilansem popytowo-podażowym. W tym zakresie opisano rynek

mocy oraz klastry energii. Treści rozdziału zostały oparte na studium literaturowym, zasadach rynku i analizie relacji popytowo-podażowych w KSE.

Rozdział trzeci koncentruje się na analizie zasobów wytwórczych w KSE. W rozdziale zdawkowo potraktowano elektrownie zawodowe koncentrując się na źródłach rozproszonych. W tej kategorii zdefiniowano generację rozproszoną, podano jej cechy charakterystyczne oraz możliwości produkcyjne, które mogą być wykorzystane w bilansowaniu KSE. Doktorant przedstawił przykładowe profile mocy wytwarzanej w wybranych technologiach źródeł (fotowoltaiczne, wiatrowe, biogazowe, wodne z wyróżnieniem przepływowych i zbiornikowych). Na podstawie przedstawionych informacji zostały wyprowadzone wnioski związane z wykorzystaniem źródeł rozproszonych w zarządzaniu pracą KSE. W tym też zakresie wyróżniono grupę źródeł rezerwowych (agregaty prądotwórcze) jako alternatywę budowy nowych elektrowni szczytowych. Podsumowaniem rozdziału jest wielokryterialna opisowa ocena źródeł rozproszonych. Rozdział ma charakter ilustracyjny a jego treści przybliżają klasę źródeł rozproszonych i ich możliwości adaptacji w procesie bilansowania KSE.

W rozdziale czwartym Doktorant rozważył ocenę możliwości wykorzystania źródeł rozproszonych do bilansowania zapotrzebowania w warunkach krajowych. Na ocenę tą składa się analiza zapotrzebowania na moc w KSE w latach 2015-2018 w rozdzielczości godzinowej oraz analiza produkcji w źródłach konwencjonalnych z wyróżnieniem jednostek niedysponowanych centralnie (nJWCD) oraz dysponowanych centralnie (JWCD). Analiza oparta została na wybranych wskaźnikach statystycznych i wykazała warunki i tendencje zmian w ilościowym ujęciu bilansu mocy w KSE. W drugiej części rozdziału czwartego Doktorant przeprowadził analizę wartościową wykorzystując ceny energii na krajowym rynku hurtowym. W tym zakresie zbadano wzajemną relację cen na Rynku Dnia Następnego (RDN) oraz na Rynku Bilansującym (RB). Wykorzystane do analizy dane również dotyczyły okresu 2015-2018. Dodatkowo przeprowadzone zostały analizy okresów występowania wysokich cen na rynku energii, a na tym tle potencjalnych korzyści ekonomicznych dla właścicieli źródeł rozproszonych. Rozdział ten ma charakter autorski.

Rozdział piąty rozprawy prezentuje model zarządzania generacją rozproszoną poprzez agregację zróżnicowanych technologicznie rozwiązań źródeł rozproszonych. W modelu tym szczególną uwagę poświęcono agregatom rezerwowym. Prezentowany model został opisany przez Doktoranta w ujęciu funkcjonalnym, sprzętowym oraz finansowym. Dla tak sformułowanego modelu przedstawiono rozważania rozliczeń finansowych oraz przeprowadzono dyskusję uzyskiwanych efektów. Rozdział ten również ma charakter autorski.

W rozdziale szóstym opisano testy wykorzystania agregatów prądotwórczych do produkcji energii elektrycznej. W tym zakresie zilustrowane zostały alternatywne działania służące usłudze DSR. Test 1 wykazał możliwość wykorzystania agregatu rezerwowego do równoległej pracy z siecią elektroenergetyczną, co oznacza dodatkową produkcję energii elektrycznej w KSE. Test 2 pokazał wykorzystanie agregatu prądotwórczego do rezerwowego zasilania odbiorów w ramach pracy wyspowej. Tym samym zilustrowano możliwość ograniczenia zapotrzebowania w KSE bez utraty bezpieczeństwa energetycznego odbiorcy. Rozdział prezentuje zarejestrowane wyniki w postaci przebiegów czasowych wybranych wielkości elektrycznych wraz z opisem prowadzonych eksperymentów.

Rozdział siódmy przedstawia koncepcję elektrowni wirtualnej zrealizowaną w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Zarejestrowane wyniki produkcji energii w objętych projektem wybranych źródłach rozproszonych oraz poboru przez odbiorcę uzupełniono o symulacje wykorzystania rezerwowego agregatu

prądowórczego. W koncepcji funkcjonowania elektrowni wirtualnej ze źródłem rezerwowym sformułowano dwa scenariusze, których opis wypełnił dwa podrozdziały. W pierwszym podrozdziale Doktorant przeanalizował scenariusz minimalizacji zakupu energii elektrycznej z sieci. W drugim podrozdziale przeanalizował scenariusz wykorzystania agregatu do zabezpieczenia kontraktu terminowego. Rozdział przedstawia rozważania autorskie o charakterze badawczym w zakresie efektywności ekonomicznej.

Treści rozprawy zostały zamknięte w rozdziale ósmym, który ma charakter ogólnego podsumowania prezentowanych problemów i tła ich występowania.

Do treści rozprawy należy również rozdział zatytułowany Bibliografia, który zawiera pozycje literaturowe przywołane w rozprawie. W rozdziale tym przytoczono łącznie 75 numerów pozycji o różnym charakterze (książki, monografie, opracowania, artykuły i referaty, karty katalogowe, instrukcje, raporty, dokumenty prawne).

Przyjęta struktura rozprawy doktorskiej, w tym wyróżnione rozdziały jest związana z postawionym celem pracy oraz służy udowodnieniu sformułowanej tezy.

5. Ocena osiągnięć naukowych Autora rozprawy

W rozdziale 3 niniejszej recenzji wykazano wagę i aktualność tematyki poruszonej w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Waga ta wynika ze społecznej potrzeby posiadania bezpieczeństwa energetycznego i operatorskich obowiązków jego zagwarantowania. Ten pożądaný skutek realizowany w prezentowanych koncepcjach i rozwiązaniach musi opierać się na naukowych zasadach dowodzenia poprawności wnioskania.

Doktorant sformułował tezę, w której założył, że „istnieje możliwość wykorzystania zasobów wytwórczych energii elektrycznej źródeł rozproszonych, w tym agregatów rezerwowych, dla zapewnienia energetycznego bezpieczeństwa KSE, a także istnieje możliwość efektywnego rozliczania energii elektrycznej wytworzonej i wprowadzonej lub celowo niewprowadzonej przez te źródła”. Teza została sformułowana poprawnie i wykazuje obszar, którego zbadanie stało się treścią rozprawy. Dla udowodnienia tej tezy został przeprowadzony logiczny wywód naukowy.

Punktem wyjścia stało się wykazanie potencjału źródeł rozproszonych w KSE. Zadanie to zwraca uwagę na sposób funkcjonowania, skalę ilościową i rozproszenie tych źródeł w sieci, przy jednoczesnym powiązaniu z odbiorcami. Stąd wykazane zostało, że cechy charakterystycznej tej klasy źródeł stanowią o przydatności bezpośredniego wykorzystania w bilansowaniu zapotrzebowania odbiorców, często z ograniczaniem zaangażowania infrastruktury sieciowej.

Kolejnym krokiem stało się przeanalizowanie rynkowych miar wartości energii elektrycznej w KSE. W tym celu Doktorant przeprowadził przegląd cen energii na Rynku Bilansującym i Towarowej Giełdzie Energii, skupiając się na cenach SPOT. Ocena wysokości kształtujących się historycznie cen i czasu ich występowania pozwala wnioskować o skali i potrzebie wykorzystania w tych okresach źródeł, których charakter pracy pozwoli na elastyczne kształtowanie bilansu i zarazem zapewni efektywność ekonomiczną ich pracy.

Na tym etapie pracy udowodnione zostały dwie kwestie: istnienie potencjału wytwórczego w KSE oraz możliwości rynkowych efektywnego jego wykorzystania. Na tym tle została przez Doktoranta zaproponowana autorska koncepcja zarządzania generacją rozproszoną. Koncepcja ta przyjmuje zasadę „agregacji”, czyli łączenia podmiotów (źródeł, w tym różnych technologicznie, i odbiorców) na zasadzie wykorzystania wzajemnych atutów tworząc bilans popytowo-podażowy udostępniany Operatorowi Systemu Przesyłowego

(OSP). Podmiot ten jest odpowiedzialny w KSE za bilansowanie systemu. Koncepcja wprowadzenia Agregatora, jako podmiotu zarządzającego zagregowanymi źródłami rozproszonymi została nakreślona przez Doktoranta ideowo począwszy od rozwiązań komunikacyjnych, informatycznych po rozliczeniowe. W tym zakresie Doktorant zaproponował i przeanalizował zasady rozliczeń wprowadzanej do KSE energii elektrycznej ze źródeł rozproszonych, w szczególności odnosząc się do rezerwowych agregatów prądotwórczych.

Doktorant zbadał również wykorzystanie źródeł rozproszonych w ramach tzw. wirtualnej elektrowni. W takim przykładowym zbiorze źródeł o różnych technologiach zostały przedstawione różne scenariusze pracy agregatu prądotwórczego z nakierowaniem na minimalizację zakupu energii elektrycznej z rynku bądź ograniczenie ryzyka zmienności ceny energii na rynku SPOT dla zabezpieczenia terminowego kontraktu sprzedaży. Przedstawione przykłady noszą znamiona optymalizacji i mogą być wykorzystane do doboru efektywnej rynkowo mocy agregatu wykorzystywanej w ramach elektrowni wirtualnej.

Poza rozważaniami koncepcyjnymi Doktorant wykazał w drodze eksperymentu możliwości wykorzystania rezerwowych agregatów prądotwórczych do kształtowania bilansu zagregowanego obiektu. Działanie to realizuje zasadę DSR poprzez pracę równoległą z KSE bądź poprzez odciążenie KSE w ramach pracy autonomicznej. Przedstawione wyniki potwierdzają techniczne możliwości wykorzystania źródeł rozproszonych w proponowanej koncepcji.

Przedstawione analizy ilościowe i koncepcyjne zostały zawarte w rozdziałach 4 do 7 pracy i stanowią autorski dorobek Doktoranta. Ich kolejność pozwala na udowodnienie postawionej tezy, co zostało przeprowadzone w drodze wnioskowania indukcyjnego.

Na podstawie lektury tekstu rozprawy i zawartych w niej informacji można stwierdzić, że Doktorant wykazał się:

- wiedzą teoretyczną w zakresie funkcjonowania KSE, a w szczególności potrzeb i zasady kształtowania bezpieczeństwa energetycznego w systemie,
- wiedzą teoretyczną w zakresie funkcjonowania rynku energii w warunkach krajowych i związku pomiędzy indeksami rynkowymi i parametrami technicznymi KSE,
- umiejętnością tworzenia koncepcji rozwiązań sprzyjających postawionym celom wyartykułowanym w rozprawie,
- praktycznym wykorzystaniem posiadanej wiedzy i realizacją budowanych koncepcji poprzez przeprowadzenie i opis testów funkcjonowania rzeczywistych obiektów w KSE,
- umiejętnością zastosowania metod analizy matematycznej i metodyką pracy naukowej w ramach wnioskowania i dowodzenia swoich racji.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki wypełniają postawione w rozprawie cele naukowe i praktyczne oraz pozwalają na dowiedzenie postawionej tezy.

6. Uwagi ogólne i szczegółowe

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy doktorskiej sformułowałem kilka uwag, które podzieliłem na ogólne i szczegółowe. W ramach uwag ogólnych można zasygnalizować kilka kwestii dyskusyjnych.

1. Tytuł rozprawy doktorskiej w brzmieniu „Zarządzanie źródłami rozproszonymi w aspekcie bilansowania handlowego i technicznego. Agregacja źródeł” oddaje treści rozprawy. Należy jednak zauważyć, że tytułowa „agregacja” dotyczy nie tylko źródeł, ale jak wynika z treści rozprawy zbioru podmiotów, w tym odbiorców. Co więcej w rozprawie przedstawiono koncepcję Agregatora umiejscawiając ją w formule zarządzania źródłami rozproszonymi. Czy zatem nie należałoby zatytułować rozprawy przykładowo w brzmieniu „Koncepcja Agregatora jako formy zarządzania źródłami rozproszonymi w aspekcie bilansowania handlowego i technicznego”. Jakie inne przykłady wykorzystania źródeł rozproszonych, poza agregacją, można zaproponować w bilansowaniu systemu elektroenergetycznego?
2. W rozprawie sięga się do idei elektrowni wirtualnej i klastra. W obu przypadkach występuje agregacja źródeł rozproszonych i w tej formule ich wykorzystanie w bilansowaniu systemu. Czym różni się elektrownia wirtualna od klastra oraz jak na tle tych koncepcji należy wyróżniać koncepcję Agregatora wprowadzoną w rozprawie?
3. Rozprawa koncentrując się na bilansowaniu zawiera wątki analityczne i praktyczne. Praktyka wykorzystania źródeł rozproszonych określanych jako agregaty prądotwórcze została przedstawiona w rozdziale 6. Z jednej strony przedstawione wyniki testów dobrze wpisują się w treści rozprawy, jednak zakres wykorzystania danych pozyskanych w wyniku testów powinien być szerszy. W niniejszym kształcie pokazują one techniczne możliwości, które są dostępne w ramach funkcjonujących konfiguracji urządzeń. W myśl treści i tezy pracy warto było rozszerzyć rozdział o wykazanie liczbowych i wartościowych skutków efektywnego rozliczania energii wytworzonej i wprowadzonej bądź niewprowadzonej do systemu przez testowane źródła.
4. Praca źródeł rozproszonych w KSE związana jest z szeregiem ograniczeń technicznych. Na wstępie rozprawy przyjęto założenie, że nie bada się wpływu generatorów rezerwowych przyłączonych synchronicznie do sieci na warunki zwarciove w punkcie przyłączenia. Dlaczego w tym założeniu ograniczono się wyłącznie do zastrzeżenia pominięcia wpływu na warunki zwarciove i nie odniesiono się do innych zagadnień ograniczających wprowadzanie generacji rozproszonej do KSE?
5. Pojęcie efektywnego zarządzania systemem jest w rozprawie rozumiane jako wytwarzanie energii w ilości niezbędnej do pokrycia bieżącego zapotrzebowania (str.9). Rozszerzając to pojęcie wspomina się o maksymalizacji wykorzystania źródeł wytwórczych zwracając uwagę na produkcję oraz wynik ekonomiczny (str.9). Warto nadmienić, że przytoczony tu wynik dotyczy ekonomiki wytwórcy. W innym miejscu rozprawy (str.73) mówi się o komforcie korzystania z energii elektrycznej przez odbiorcę zwracając uwagę na dostępność energii. Myślę, że komfort odbiorcy jest równoważeniem dostępności energii i jej kosztu, stąd ekonomika zarządzania systemem jest ekonomiką komfortu odbiorcy akceptującego określony poziom kosztów przy danym poziomie bezpieczeństwa. Ta perspektywa nie jest tożsama z perspektywą wyniku ekonomicznego wytwórcy i może stanowić istotne ograniczenie w akcentowaniu kierunków rozwoju systemu elektroenergetycznego.

Poza uwagami ogólnymi można sformułować szereg uwag szczegółowych. W tym zakresie poniżej wyszczególniono wybrane.

1. W rozprawie przewijają się pojęcia: źródeł (generacji) rozproszonych, agregatów rezerwowych, agregatów prądotwórczych. Pierwsze z pojęć zostało dokładnie opisane. Jak należy wyróżniać pozostałe dwa pojęcia?
2. Formułując cele szczegółowe rozprawy na str.11 podniesiona została kwestia opłacalności wytwarzania w długim horyzoncie czasu. Kwestię tą odniesiono również do dużych źródeł wytwórczych. Gdzie w rozprawie można znaleźć odpowiedź na postawione pytanie?
3. Na str.14 jako kluczowe ograniczenie modelu rynku węzłowego wymienia się identyfikację wytwórców posiadających przewagę rynkową. Na jakiej podstawie sformułowano tą tezę i czy jest ona zaletą, czy wadą?
4. W tabeli 3.1 zestawiając elektrownie zaliczone do JWCD podano rok oddania do użytku. Informacja ta ma potwierdzić tezę o przestarzałych technologiach wytwórczych w KSE. Z tezą tą można się zgodzić, ale należy zauważyć, że rok podany w tabeli dotyczy oddania do użytku pierwszego bloku w danej elektrowni. Procesy rozwoju elektrowni są często wieloletnie i etapowe, stąd ta informacja jest mylna (przykład Elektrownia Bełchatów - 2011 rok i Kozienice - 2017 rok).
5. Na str.32 umieszczono rysunki 3.7 i 3.8. Jak należy rozumieć opisaną na osi rzędnych „procentową zdolność produkcji energii wynikająca z przepływu”? Dlaczego wielkość ta przekracza 100% dla elektrowni przepływowej? Warto zauważyć, że 100% odpowiada średniej produkcji dobowej.
6. Na str.34 przedstawiono rozdział pt. „Statystyka mocy zainstalowanej”. Jakie informacje z rys. 3.11 przeniesiono do tab. 3.2 zgodnie z opisem? Jak treści rozdziału korespondują z jego tytułem?
7. Przedstawione na rysunkach 5.3 do 5.5 schematyczne podejście do poboru energii i jej przepływu stanowi zbyt daleko idące uproszczenie. Należy pamiętać o nieliniowej charakterystyce strat względem poboru oraz o ich powiązaniu z daną infrastrukturą i rozkładem produkcji. Schematy te powinny być opatrzone zatem odpowiednim komentarzem, a model dokładniejszy aby wykazać różnice.
8. Podsumowanie przedstawione w rozdziale 8 jest bardzo ogólne. Brakuje w nim wniosków z przeprowadzonych rozważań oraz odniesienia do tezy i celów rozprawy.

Przedstawione powyżej uwagi nie kwestionują pracy włożonej w opracowanie i przedstawienie treści rozprawy doktorskiej, a ich zamierzeniem jest rozszerzenie i wyjaśnienia prezentowanych problemów.

7. Ocena redakcji rozprawy

Struktura pracy jest poprawna i logiczna. Kolejne rozdziały sprzyjają prowadzonej przez Doktoranta dedukcji zmierzającej do udowodnienia tezy rozprawy. Przekaz treści jest klarowny i przemyślany. Użyte terminy są poprawne. Nie występują zbyteczne zapożyczenia z języków obcych.

Należy zwrócić uwagę na redakcję rozprawy, która wymagałaby większej staranności. Przyglądając się tworzonej numeracji rozdziałów można zauważyć, że w niektórych rozdziałach zbędnie wprowadzono podrozdziały bez tworzenia następnych (dot. rozdziałów 2

i 5). Zbliżona sytuacja dotyczy rozdziałów 3 i 7, w których wyróżniono zbyt szybko podrozdziały niższego poziomu bez wprowadzenia podrozdziałów wyższego poziomu.

W treści rozprawy doktorskiej stwierdzono błędy redakcyjne. W szczególności występuje wiele błędów literowych. Można mieć również zastrzeżenia do opisu treści niektórych rysunków (np. rys. 2.6, rys. 3.11), przywołania rysunków i ich numeracji (szczególnie zauważalne jest to w rozdziale 7). Same natomiast umieszczone w rozprawie ilustracje są czytelne i przygotowane z należytą starannością. W przypadku kilku rysunków zbędnie powtórzono je w kolejnych rozdziałach pracy (dotyczy rysunków 3.1 i 7.2, 3.3 i 7.3, 3.5 i 7.4, 3.6 i 7.5) zamiast zastosować odpowiednie odwołanie. W rozprawie Doktorant wyraził przekonanie o powszechności ujemnego znakowania energii wprowadzonej do sieci w polskiej elektroenergetyce (str. 28), niestety pomimo tej tezy nie zastosował takiego znakowania konsekwentnie (przykładowo rysunki 4.7 do 4.10, 4.13 do 4.16, czy też rysunki obrazujące produkcję mocy w rozdziale 6).

W redakcji rozprawy występuje szereg błędów interpunkcyjnych i dość swobodne, niejednolite stosowanie interpunkcji (kropki w niektórych nagłówkach rozdziałów czy podpisach pod rysunkami).

Literatura zestawiona w rozdziale Bibliografia jest wystarczająca dla przedstawienia tła rozprawy. W zestawieniu zdarzyły powtórzenia niektórych pozycji (pozycja [66] i [68]). Można mieć również wątpliwości, co do zasadności potwierdzenia stawianych tez za pomocą niektórych przywołań (np. str. 15, odwołanie [53]).

8. Podsumowanie i wniosek końcowy

1. Oceniając zawartość przedstawionej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że Doktorant w sposób wystarczająco jednoznaczny sformułował oryginalny problem naukowy, który następnie rozwiązał przy użyciu metod naukowych.
2. Postawione cele rozprawy były konsekwentnie realizowane i zostały osiągnięte oczekiwane wyniki o charakterze naukowym, jak i praktycznym. Przekaz pracy Doktoranta potwierdza sformułowaną tezę rozprawy.
3. Doktorant wykazał się odpowiednim opanowaniem wiedzy teoretycznej i umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie naukowej elektrotechnika.
4. Po analizie treści rozprawy uważam, że przedłożona rozprawa Pana mgr. inż. Edmunda Ciesielki pt.: „Zarządzanie źródłami rozproszonymi w aspekcie bilansowania handlowego i technicznego. Agregacja źródeł” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim zawarte w art. 13 ustęp 1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami uwzględnionymi w tekście ogłoszonym w Dziennikach Ustaw: z 2016 r. poz. 882, z 2016 r. poz. 1586).
5. **Wnioskuje o dopuszczenie mgr. inż. Edmunda Ciesielki do publicznej obrony recenzowanej rozprawy doktorskiej.**

J. Puzynicki