



POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA W KIELCACH
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI
I INFORMATYKI

25-314 KIELCE, AL. TYSIĄCLECIA PAŃSTWA POLSKIEGO 7 Tel.: (041) 34 24 129 Fax/tel.: (041) 34 47 758 E-mail: weaii@tu.kielce.pl

dr hab. inż. Andrzej Ł. Chojnacki, prof. PŚk
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Katedra Energetyki, Energoelektroniki i Maszyn elektrycznych

Kielce, 09.09.2022 r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr inż. Michała Czosnyki

„Metody optymalizacji kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Bogumiła Wnukowska

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Andrzeja Dziedzica, pismo 125/RDN_AEE/2022 z dnia 15 lipca 2022 roku, w związku z powołaniem mnie na recenzenta przez Radę Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Wrocławskiej na posiedzeniu w dniu 11 lipca 2022 roku.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Ocenie podlega rozprawa doktorska „Metody optymalizacji kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii”. Rozprawa zawiera 155 stron tekstu i składa się z 11 rozdziałów podstawowych (144 strony), 1 załącznika (dwuczęściowego) (2 strony) oraz bibliografii, liczącej 66 pozycji. Zawiera także spis tabel oraz spis ilustracji. Rozprawę poprzedza wykaz ważniejszych oznaczeń wykorzystanych w pracy. Brak jest, powszechnie zamieszczanego w pracach doktorskich, streszczenia w języku polskim oraz angielskim.

Rozdziały główne obejmują następujące zagadnienia:

1. Wprowadzenie.
2. Aktualne problemy sektora energetycznego.
3. Rynek energii elektrycznej w Polsce
4. Odbiorca na rynku energii.

5. Ceny energii elektrycznej.
6. Taryfy energii elektrycznej.
7. Przegląd instrumentów optymalizacyjnych stosowanych w przemyśle.
8. Opracowaną procedurę optymalizacji taryf i mocy umownej.
9. Wyniki analiz zastosowania opracowanego modelu dla wybranych przykładów.
10. Podsumowanie i wnioski.
11. Udowodnienie tezy.

Z kolei dwuczęściowy załącznik zawiera kolejne części algorytmu procesu optymalizacyjnego.

Praca jest zredagowana w sposób dość staranny. Niestety zdarzają się dość liczne błędy stylistyczne oraz redakcyjne. Biorąc pod uwagę, iż jest to praca doktorska, należy stwierdzić, iż jest ich dość dużo. Poniżej wymienię jedynie przykładowe:

- str. 4, 4 wers od dołu, jest „Acce ss”, powinno być „Access”;
- str. 5, 10 wers od góry, jest „i ak samo”, powinno być „i tak samo”;
- str. 8, 13 wers od góry, jest „przedstawiono analny stan sektora energetycznego”, zakładam, że powinno być „przedstawiono aktualny stan sektora energetycznego”;
- str 15, wers 4 od góry, jest „dotyczącymi m.in. wymianą transformatorów”, powinno być „dotyczącymi m.in. wymiany transformatorów”;
- str. 16, 16 wers od dołu, jest „Problem, z którym w najbliższym czasie będzie musiał się zmierzyć...”, powinno być „Problemem, z którym w najbliższym czasie będzie musiał się zmierzyć...”;
- str. 24, 12 wers od dołu, jest „Ich zadaniem jest wszystkim utrzymywanie...”, domyślam się, że powinno być „Ich zadaniem jest przede wszystkim utrzymywanie...”;
- str. 25, 13 wers od góry, jest „dysponowanie mocami przyłączonym do sieci”, powinno być „dysponowanie mocami przyłączonymi do sieci”;
- str. 33, 2 wers od dołu, jest „dzięki podpisywana jest nowa umowa...”, powinno być „dzięki któremu podpisywana jest nowa umowa...”;
- str. 35, 8 wers od góry, jest „Rynek Terminowym Towarowy”, powinno być „Rynek Terminowy Towarowy”;
- str. 36, 7 wers od dołu, jest „który jest w kontraktem...”, powinno być „który jest kontraktem...”;
- str. 39, 2 wers od góry, jest „i definiowane jest jako każdego odbiorcę energii elektrycznej...”, powinno być „i definiowane jest jako każdy odbiorca energii elektrycznej...”;
- str. 41, 8 wers od dołu, jest „Funkcjonuje zatem w pełni liberalnym rynku...”, powinno być „Funkcjonuje zatem na w pełni liberalnym rynku...”;
- str. 43, 9 wers od dołu, jest „są więc obiektem których...”, powinno być „są więc obiektami których...”, a wnioskując z treści pracy lepsze byłoby „są więc elementami których...”;
- str. 45, 5 wers od góry, jest „Niezykke istotne”, powinno być „Niezwyczajnie istotne”;
- str. 46, wers 14 od dołu – zbędny znak wypunktowania w pustym wierszu;
- str. 56, 1 wers od góry, jest „wpływania proces produkcyjny...”, powinno być „wpływania na proces produkcyjny...”;

- str. 59, 10 wers od dołu, jest „Znalezienie racjonalnego rozwiązania, które mogłyby pogodzić...”, powinno być „Znalezienie racjonalnego rozwiązania, które mogłyby pogodzić...”;
- str. 60, 7 wers od góry, jest „niezmiennie rzadko”, powinno być „niezmiennie rzadko”;
- str. 61, tabela 6.1, jest „rozliczeniowez”, powinno być „rozliczeniowe”;
- str. 63, 9 wers od dołu, jest „odbiorców prze nieuzasadnionym”, powinno być „odbiorców przed nieuzasadnionym”;
- str. 65, 9 wers od dołu, jest „przerwanie i wznowienie energii”, powinno być „przerwanie i wznowienie dostaw energii”;
- str. 68, 12 wers od dołu, jest „opłatę dystrybutor nalicza się w dwojaki sposób...”, powinno być „opłatę dystrybutor nalicza w dwojaki sposób...”;
- str. 68, 3 wers od dołu oraz str. 69, 5 wers od góry, jest „prekrowczenie”, powinno być „przekroczenie”;
- str. 69, 5 wers od góry – Autor objaśnia symbol P_{przek} , którego we wzorze (6.3) nie ma, natomiast nie objaśnia symbolu P_{przek_max} , który we wzorze występuje;
- str. 71, 5 wers od góry – Autor objaśnia symbol ΔU , którego we wzorze (6.8) nie ma;
- str. 76, 4 wers od góry, jest „Pozwalają wykonać zgrubnej kalkulacji...”, powinno być „Pozwalają na wykonanie zgrubnej kalkulacji...”;
- str. 80, 3 wers od góry, jest „Co w przypadku zakładu przemysłowego jest to w zasadzie niemożliwe. Użycie tego narzędzia w dla kalkulacji...”, powinno być „Co w przypadku zakładu przemysłowego jest w zasadzie niemożliwe. Użycie tego narzędzia dla kalkulacji...”;
- str. 86, 15 wers od dołu, jest „potrafi rejestruje energię elektryczną...”, powinno być „potrafi zarejestrować energię elektryczną...”;
- str. 103, 6 wers od dołu, jest „które w przejrzysty prezentują...”, powinno być „które w przejrzysty sposób prezentują...”;
- str. 130, 4 wers od góry, jest „320 KW”, powinno być „320 kW”;
- Na rysunkach bardzo często brakuje jednostek w jakich wyskalowane są osie (np. rys. 5.4, rys. 5.5),
- Brak numeru wzoru (6.9),
- Na stronie 68 Autor powołuje się na rysunek 6.6. Czy nie powinno to być powołanie na rysunek 6.5?
- Wyjaśniając zmienne wykorzystane we wzorach Autor stosuje różne czcionki. Raz jest to czcionka analogiczna jak w tekście głównym, a raz mniejsza (porównaj objaśnienie zmiennych do wzorów (6.8) i (6.9)),
- W artykułach, referatach, czy też książkach zaleca się, aby w tekście najpierw było powołanie (wzmianka) o rysunku, czy też o tabeli, a dopiero potem pojawia się obiekt. Autor tego dobrego zwyczaju często nie przestrzega (np. rys. 3,8, rys. 6.5, tabela 8.27, tabela 9.3).

Jak już wspomniano, rozprawa doktorska zawiera wykaz literatury liczący 66 pozycji. Uważam, iż jest to znaczna liczba publikacji. Nieco gorzej wypada ocena jakościowa źródeł. Znaczną część publikacji stanowią materiały Internetowe, do tego w niektórych przypadkach o charakterze komercyjnym lub popularno-naukowym (np. pozycje 27, 28, 29, 32, 33, 56, i

inne). Przedstawione pozycje literaturowe są poprawnie dobrane do tematyki pracy i są cytowane w sposób prawidłowy, we właściwych miejscach w pracy.

3. Ocena wyboru tematu rozprawy i jej zakresu

Energia elektryczna jest podstawą rozwoju współczesnego społeczeństwa. Dostęp do niej warunkuje osadnictwo, a także umożliwia powstawanie i rozwój przemysłu. Jest więc determinantą rozwoju oraz funkcjonowania gospodarki. Problemy z jakimi boryka się w ostatnim czasie elektroenergetyka krajowa i międzynarodowa (problemy z dostępem do nośników energii oraz ich stale rosnące ceny, konieczność modernizacji przestarzałych źródeł, konieczność ograniczania emisji zanieczyszczeń, i inne) powodują, iż cena energii elektrycznej znacząco wzrasta i jest trudna do przewidzenia. Dodatkowo polska elektroenergetyka bazuje przede wszystkim na węglu kamiennym i brunatnym, co zarówno pod względem ekologicznym, jak i ekonomicznym – gospodarczym było i jest rozwiązaniem niekorzystnym. Zmiany cen energii przekładają się w oczywisty sposób na ceny produktów wytwarzanych w poszczególnych sektorach przemysłu. Produkty te stają się coraz droższe i popyt na nie spada. Stają się także coraz mniej konkurencyjne na rynkach międzynarodowych, co ogranicza ich eksport. Finalnie produkcja zostaje ograniczona lub wstrzymana, co ma swoje dalsze konsekwencje w postaci zwolnień pracowników oraz rosnącego bezrobocia. Przedstawiona sytuacja wynika przede wszystkim z faktu, iż wydatki na energię elektryczną w zakładach przemysłowych (generalnie u odbiorców biznesowych energii) stanowią znaczący udział w całkowitych kosztach funkcjonowania jednostki. Plasują się one na drugim lub na trzecim miejscu, zaraz za kosztami osobowymi i ewentualnie za kosztami materiałowymi.

Nadmierne opłaty za energię elektryczną zwiększają nie tylko koszty dóbr materialnych. Skutkują także wzrostem cen usług oraz naszej codziennej egzystencji. Wzrastają koszty ponoszone przez jednostki samorządu terytorialnego (np. oświetlenie dróg), instytucje kultury i edukacji.

Podmioty gospodarcze ponosząc znaczne wydatki na energię elektryczną, tj. na zakup energii czynnej oraz usługi dystrybucji energii elektrycznej, powinny zwracać szczególną uwagę na uzyskanie oszczędności z tytułu zakupu energii czynnej, dążąc do zmniejszenia zużycia tej energii oraz otrzymania korzystnej ceny za 1 MWh. Stawki opłat za usługi dystrybucji energii elektrycznej są ustalone w taryfach operatorów systemów dystrybucyjnych i zatwierdzone przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, a odbiorcy nie mają wpływu na wysokość tych stawek. Tylko w przypadku największych podmiotów istnieje możliwość negocjacji cen. Natomiast wszyscy odbiorcy biznesowi mogą zmniejszyć wydatki na usługi dystrybucji energii elektrycznej m.in. poprzez:

- zamówienie mocy umownej dostosowanej do faktycznych potrzeb jednostki w poszczególnych okresach rozliczeniowych,
- zastosowanie wielostrefowej grupy taryfowej dopasowanej do zużycia energii czynnej w określonych godzinach doby,
- instalowanie układów kompensacji pozwalających na zmniejszenie zużycia energii biernej.

Jak pokazują badania rynkowe opublikowane przez Ogólnopolską Izbę Audytorów Energetycznych, nawet 70% odbiorców biznesowych, zwłaszcza tych z wyższym zapotrzebowaniem na energię, ponosi nadmierne koszty z tytułu parametrów przyłączeniowych źle dobranych do ich faktycznego zapotrzebowania.

W powyższym kontekście (autor recenzji celowo przedstawił jedynie zarys problemu) tematyka rozprawy doktorskiej wydaje się aktualna i ważna. Wpisuje się ona w jeden z najbardziej aktualnych nurtów badawczych współczesnej elektroenergetyki polskiej (Ekonomika wytwarzania oraz użytkowania energii elektrycznej). We Wstępie do pracy Autor bardzo szczegółowo i konkretnie uzasadnił przyczynę podjęcia tematu.

Praca składa się niejako z dwóch części. Pierwsza obejmuje zagadnienia dość dobrze znane, jak warunki funkcjonowania sektora energetycznego, struktura i zasada działania rynku energii, pozycja odbiorcy na rynku energii, czy też wiadomości ogólne na temat taryfikacji oraz kształtowania cen energii. Druga znacznie ważniejsza i ciekawsza część obejmuje własne badania i analizy Doktoranta odnoszące się do optymalizacji kosztów za energię elektryczną. Uważam, iż tematyka pracy jest bardzo istotna zarówno w wymiarze badawczo – naukowym, jak i utylitarnym. Mimo dużej różnorodności opracowań naukowych z tego zakresu, wciąż poszukuje się lepszych i bardziej ekonomicznych rozwiązań. Ponadto na rynku można znaleźć wiele podmiotów oferujących usługi związane z audytem zużycia energii elektrycznej i gazu oraz zapewniających dobór optymalnych taryf oraz parametrów przyłączeniowych, gwarantujących minimalizację opłat. Warto więc dysponować narzędziem, które pozwoli na weryfikację jakości tych usług. Pewne zastrzeżenia mam, co do samego brzmienia tytułu. Moje wątpliwości dotyczą sformułowania „w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii”. Autor co prawda w treści pracy opisał liczne zmiany jakie zachodzą na rynku energii i ich wpływ na funkcjonowanie sektora elektroenergetycznego oraz na kształtowanie cen energii. Niestety w zaproponowanej metodzie obliczeniowej ta dynamika nie została uwzględniona. Metoda jest metodą statyczną. Podaje wynik dla dyskretnych wartości zadanych na początku. Brak jest analizy potencjalnych możliwych scenariuszy zmian, które tą „dynamikę” by odzwierciedlały. Domyślam się, że Autor formułując tytuł miał na myśli, że warunki funkcjonowania Rynku Energii zmieniają się bardzo szybko i warto analizować na bieżąco koszty energii, niemniej tak sformułowany tytuł może wprowadzać w błąd.

Autor na podstawie przeprowadzonej analizy literatury oraz po uwzględnieniu wyników wstępnych analiz oraz po dokonaniu identyfikacji możliwości obliczeniowych programu Matlab postawił w swojej rozprawie tezę: „Możliwe i celowe jest opracowanie narzędzia pozwalającego na optymalny dobór taryf energii elektrycznej, mocy umownej oraz sprzedawcy energii w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii.”. Jest to precyzyjne przedstawienie celu pracy i problemu, który Autor postanowił rozwiązać. Informuje dokładnie o zamierzeniach Autora. Także w tym przypadku zastrzeżenia dotyczą członu „w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii”.

Podsumowując. Postawiony problem badawczy, teza oraz cel pracy są spójne i uzasadnione aktualnym stanem wiedzy, a także bieżącymi realiami sektora energetycznego w Polsce.

4. Dobór metod badawczych

Do rozwiązania postawionego problemu badawczego Autor zaproponował wykorzystanie metod modelowania i symulacji komputerowej. Modelowanie komputerowe jest obecnie najbardziej efektywnym narzędziem analizy złożonych problemów nauki i techniki. Podstawową zaletą takiego podejścia jest duża dokładność uzyskiwanych wyników oraz możliwość dynamicznej zmiany parametrów fizycznych modelu lub warunków jego pracy, bez konieczności powtórnego konstruowania wirtualnej reprezentacji analizowanego

zjawiska lub obiektu. Typowymi przykładami praktycznego zastosowania modelowania matematycznego są problemy komputerowo wspieranego projektowania złożonych systemów inżynierskich.

Autor w swojej pracy bazuje na pakiecie Matlab, wspomaganym pakietem Microsoft Office, a konkretnie programem Excel.

W odniesieniu do przyjętych metod badawczych oraz sposobu ich wykorzystania nie zgłaszam żadnych zastrzeżeń. Metody badawcze są właściwe, a ich wykorzystanie poprawne.

5. Uwagi szczegółowe i krytyczne

W ocenianej pracy doktorskiej zauważyć można bardzo systematyczne podejście do tematyki rozprawy. Pracę czyta się bardzo dobrze. Autor stopniowo wprowadza czytelnika w tematykę pracy rozpoczynając od informacji podstawowych, poprzez opis funkcjonowania rynku energii, prawa i obowiązki odbiorcy energii, opis proponowanej metody badawczej oraz aplikacji komputerowej, a skończywszy na analizie otrzymanych wyników (studium przypadku dla trzech odbiorców biznesowych). Oceniając pozytywnie rozprawę doktorską oraz zaprezentowane w niej wyniki, chciałbym zwrócić uwagę na kwestie dyskusyjne oraz mankamenty:

1. W nawiązaniu do uwagi zawartej w punkcie 3 niniejszej recenzji, bardzo proszę o wyjaśnienie, jak się ma użyte przez Autora sformułowanie „w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii” do opracowanego algorytmu komputerowego, który w mojej opinii jest algorytmem statycznym.
2. Na stronie 8 Autor użył zwrotu „dokonano egzegezy”. Wydaje mi się, że w tym kontekście jest to nadużycie semantyczne. Słowo to można co prawda tłumaczyć jako „badanie i krytyczna interpretacja”, natomiast odnosi się ono w zasadzie tylko do tekstów religijnych i filozoficznych. Innym tłumaczeniem tego słowa jest „sztuka rozumienia i wykładni ukrytych w utworach prawd, alegorii, symbolicznych kodów, sensów teologicznych, poznawania warstwy metaforycznej”. Raczej nie ma to zastosowania w tekstach z zakresu nauk technicznych.
3. Na stronie 10 Autor podaje przykładowe dane statystyczne dotyczące zużycia energii oraz poboru mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym. Autor napisał: „Ze względu na coraz bardziej upalne okresy letnie, szczytowe zapotrzebowanie na energię przypada w lipcu. W 2020 roku wyniosło 25,8 GW mocy zapotrzebowanej. Maksymalne zapotrzebowanie na moc w 2020 roku było o 1,1% wyższe niż w roku poprzednim.” Niestety ten fragment jest w mojej opinii napisany dość nierzetelnie. Mam do niego kilka uwag:
 - a) Skoro zapotrzebowanie na energię było szczytowe, to dlaczego Autor podaje moc 25,8 GW, a nie energię?
 - b) Według oficjalnych danych PSE obciążenie szczytowe w roku 2020 wystąpiło nie w lipcu, a w dniu 10 grudnia 2020 i wyniosło 26,799 GW. Także zużycie energii w lipcu nie było największe, bowiem wyniosło ono około 13,2 GWh, przy 15,1 GWh w styczniu oraz 15,2 GWh w grudniu¹.

¹ https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2020#r6_4 – dostęp z dnia 05.09.2022r.

- c) W roku 2019 obciążenie szczytowe wystąpiło w dniu 25 stycznia 2019 i wyniosło 26,504 GW. Porównując więc wartości szczytowe z roku 2019 i 2020, zauważamy rzeczywiście wzrost o 1,11 %. Jeżeli Autor podał, że obciążenie szczytowe w roku 2020 wyniosło 25,8 GW, to w jaki sposób otrzymał wzrost o 1,1 %, a nie spadek o 2,66%?
4. Na stronie 10 Autor zauważa, że średnie roczne zużycie energii elektrycznej w Polsce wynosi 162 TWh. W jaki sposób oszacowana została ta wartość, skoro dla kilku ostatnich lat zużycie wynosiło odpowiednio: w roku 2018 – 170,932 TWh, w roku 2019 – 169,391 TWh, w roku 2020 – 165,532 TWh i w roku 2021 – 174,402 TWh?
 5. Na stronie 25 Autor zamieszcza informacje na temat krajowej sieci przesyłowej. Niestety także te dane nie są prawidłowe. Aktualnie w zarządzie PSE znajduje się 125 linii 400 kV o łącznej długości 8227 km (a nie jak podaje Autor 111 linii o łącznej długości 7822 km) oraz 110 stacji najwyższych napięć (a nie 109).
 6. W rozdziale 2.2 Autor analizuje strukturę wytwarzania energii elektrycznej w Polsce. Omawia korzyści jakie wynikają ze stopniowego zastępowania źródeł węglowych elektrowniami gazowymi, a także z wprowadzania kogeneracji. Wspomina też ogólnie o OZE. Chciałbym poznać opinię Autora na temat perspektyw oraz celowości rozwoju w naszym kraju zawodowej energetyki wodnej. W ocenianej pracy nie znalazłem nic na ten temat.
 7. Na stronie 26 Autor napisał: „Główny cel przeprowadzonych przekształceń to zmiana energetyki w rynek energii oparty o mechanizmy wykazujące niezależność od władz państwowych.” Czy w opinii Autora ten cel został osiągnięty?
 8. Na stronie 60 Autor napisał: „Istniejące jeszcze kilka lat temu bariery technologiczne ograniczające możliwość stosowania taryf dynamicznych obecnie przestają mieć znaczenie. Przeprowadzana wymiana urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych z analogowych mechanicznych liczników na liczniki elektroniczne, pozwala prowadzić rozliczenia w oparciu o dowolne, zmienne w czasie stawki opłat.” Czy Autor posiada informację na temat liczby/udziału cyfrowych układów pomiarowych (liczników) u odbiorców przemysłowych? Czy rzeczywiście jest to powszechna forma opomiarowania? Jeżeli tak, to skąd konieczność obciążania niektórych odbiorców karą za dziesięciokrotne największe przekroczenie mocy umownej, zamiast za dziesięć największych przekroczeń?
 9. Bardzo proszę Autora o opinię w następującej kwestii. Czy nie uważa, że sposób naliczania kary za przekroczenie mocy umownej, wyrażony zależnością (6.3) jest nieuczciwy względem odbiorcy? Co w przypadku, gdy odbiorca ma zadeklarowaną relatywnie dużą wartość mocy umownej względem mocy szczytowej i zaistniało tylko jedno przekroczenie w okresie rozliczeniowym? Dlaczego ma płacić za dziewięć przekroczeń, których nie było?
 10. Na stronie 69, w 12 wersji od dołu, Autor napisał, że wypadkowy $tg\phi$ jest iloczynem energii biernej i energii czynnej. Oczywiście jest ilorazem.
 11. Objasniając zmienne do wzoru (6.4), ale także w kilku innych miejscach pracy Autor pisze jednostkę mocy biernej jako $Mvar$. Poprawnym zapisem jest $MVAR$, ponieważ litery V oraz A oznaczają odpowiednio Volt oraz Amper, a te jednostki oznacza się dużymi literami. Tylko litera r jest mała i ma jedynie odróżnić jednostkę mocy biernej od jednostki mocy pozornej VA, którą też oznaczamy dużymi literami. Mam jednocześnie świadomość, że niestety Autorzy wielu

- publikacji z dziedziny elektrotechniki powielają ten niepoprawny zapis w swoich pracach.
12. Na stronie 82 Autor opisując stworzoną aplikację stwierdza: „Jest narzędziem **uniwersalnym**, które można zastosować w **dowolnym zakładzie przemysłowym**, bez względu na profil wykonywanej działalności i zastosowaną grupę taryfową.” Z kolei wcześniej na stronie 71 znalazła się informacja: „W odniesieniu do odbiorców biznesowych, którzy w tym segmencie rynku związanym ze sprzedażą energii funkcjonują w oparciu o mechanizm konkurencji, dostęp do taryf za energię elektryczną jest utrudniony. Cena za jednostkę energii elektrycznej jest bowiem często wynikiem negocjacji pomiędzy odbiorcą a sprzedawcą energii i stanowi informację niejawną podlegającą ochronie.” Ponieważ ważną częścią aplikacji jest baza danych dostępnych taryf, stanowiąca część danych wejściowych, a w przypadku negocjacji nie znamy ostatecznych uwarunkowań cenowych, to w tej sytuacji możliwość wykorzystania aplikacji jest mocno ograniczona. Uwzględnia ona tylko oficjalne, powszechnie dostępne taryfy. Czy tak jest? Proszę o komentarz.
 13. Zmienna C zdefiniowana jest odmiennie zależnościami (8.1) oraz (8.2). W pierwszym przypadku jako całkowity koszt związany z poborem energii, w drugim jako koszt jednostkowy. W pierwszym przypadku podano prawidłowo jednostkę tej wielkości jako [zł]. W przypadku wzoru (8.2) jednostką jest [zł/kWh] lub [zł/MWh], a nie [zł] jak podano.
 14. W objaśnieniu do wzoru (8.5) podano, iż S_{Zvm} należy podawać w [zł/kW], natomiast E_{oim} w [MW]. W tej sytuacji pojawia się niezgodność jednostek.
 15. Rysunki (8.3) oraz (8.6) przedstawiają w zasadzie tę samą tabelę z danymi charakteryzującymi różne taryfy. W tabeli (8.6) jest więcej kolumn (więcej danych). Czy była potrzeba zamieszczania tych dwóch rysunków? Czy nie wystarczył jeden z nich? Czy te cztery dodatkowe kolumny zaprezentowane na rysunku (8.6) są wykorzystywane przez aplikację?
 16. Na stronie 92 Autor stwierdza, że „Celem pracy było sprawdzenie, czy istnieje możliwość stworzenia narzędzia uniwersalnego, dokonującego procesu optymalizacyjnego, a nie wykonanie rozwiązania przeznaczonego do wdrożenia i komercyjnego zastosowania.” Czy na obecnym etapie Autor uważa, że aplikacja jest uniwersalna i Jego praca zakończyła się sukcesem? Jeżeli tak, to czy myśli nad wdrożeniem komercyjnym aplikacji? Jeżeli nie, to czy planuje dalsze prace nad jej udoskonaleniem?
 17. Na stronie 96 Autor podaje jako możliwą przyczynę niepoprawnego załadowania plików „zbyt wiele danych pomiarowych w arkuszu”. Co Autor ma na myśli pisząc „zbyt wiele”?
 18. Na stronie 99 Autor stwierdza, że w tabeli można odczytać „ilość mocy biernej”. W tym przypadku, w świetle rozważań przedstawionych na stronie 99, chodzi o energię bierną.
 19. Na stronie 105 Autor zamieszcza adnotację: „zastępuje zerem żeby program się nie wykrzaczył”. Wydaje mi się, że nie jest to oficjalne słownictwo z dziedziny Informatyki.
 20. Moje wątpliwości budzi przyjęty zakres godzinowy obowiązywania stref szczytowej i pozaszczytowej oraz przedpołudniowej i popołudniowej, zaprezentowany w tabeli 8.1. Rzeczywiste godziny obowiązywania stref w

poszczególnych taryfach zmieniają się w ciągu roku, w zależności od okresu zimowego lub letniego. Przesunięcie obciążenia szczytowego zakładu ze strefy pozaszczytowej do szczytowej może wygenerować istotne różnice w analizie opłacalności zastosowania poszczególnych taryf. W takiej sytuacji policzona przez aplikację energia szczytowa i pozaszczytowa może się różnić od rzeczywistych wartości. Uważam, że aplikacja powinna bazować na rzeczywistych godzinach trwania poszczególnych stref, określonych w konkretnych taryfach, a dane o chwilowym poborze mocy powinny posiadać znacznik czasu pozwalający na stwierdzenie w jakiej porze roku pomiar był wykonywany i po scałkowaniu przypisanie energii do właściwej strefy.

21. Na stronie 124 Autor stwierdził, iż: „Pomiary przeprowadzono przez 16 dni, jednakże jest to okres wystarczający do przeprowadzenia procesu optymalizacyjnego.” Moje wątpliwości są analogiczne jak przedstawione w uwadze 20. Aby w pełni ocenić opłacalność zastosowania konkretnych taryf trzeba ocenić sytuację w okresie letnim oraz w okresie zimowym. W okresach tych występują różne godziny trwania poszczególnych stref (szczytowej i pozaszczytowej), zakłady wykorzystują różne odbiorniki, a więc także zmienia się profil obciążenia. Zmieniać w ciągu roku może się także wartość szczytowej mocy miesięcznej (inna w lecie, a inna w zimie). Może się w takiej sytuacji okazać, że taryfy oraz moc umowna dobrane jako optymalne dla pomiaru wykonanego w okresie letnim nie będą optymalne dla okresu zimowego i odwrotnie, dobrane dla okresu zimowego nie będą optymalne dla lata. W mojej opinii, aby aplikacja dała wiarygodne wyniki wymagany powinien być co najmniej roczny zakres danych pomiarowych mocy czynnej i biernej.
22. Metoda całkowania przedstawiona na rysunku 8.23 to metoda trapezów, a nie metoda prostokątów.
23. W studium przypadku I oraz II analizie poddane zostały zakłady o podobnym profilu produkcji. W celu weryfikacji, analizie powinny być poddane zakłady o odmiennej specyfice, w celu wykazania uniwersalności metody i aplikacji komputerowej.
24. W studium przypadku III Autor stwierdza, że jako rekomendację aplikacja zasugerowała zmniejszenie mocy umownej z 25 kW na 10 kW (str. 135), po czym w dalszych analizach przyjmuje jej wartość jako równą 12 kW (str. 137).
25. Rysunki 9.5, 9.11 oraz 9.18 obrazują sumę kosztów stałych w funkcji mocy umownej. Niestety tylko na rysunku 9.11 zostało zobrazowane minimum lokalne. Na dwóch pozostałych wykresach nie widać, jak zachowują się koszty stałe przy dalszym wzroście mocy umownej. Zwłaszcza na rysunku 9.18 można mieć wątpliwości, czy przy dalszym wzroście mocy umownej koszty stałe nie będą nadal się zmniejszać.

Autor rozprawy zrealizował obszerną pracę badawczą. Jej wykonanie wymagało znacznych umiejętności badawczych, ale także organizacyjnych. Realizacja aplikacji komputerowej wykazała, iż Doktorant biegle programuje w aplikacji Matlab. Autor rozprawy wykazał się także umiejętnością opracowywania sprawozdań i raportów z prac badawczych. Wykazane powyżej w recenzji niedociągnięcia oraz uchybienia nie umniejszają wartości merytorycznej całego opracowania. Pewne nieścisłości pojawiły się zapewne na etapie redagowania pracy. Z kolei przedstawione uwagi i sugestie mają przede

wszystkim charakter polemiczny i dyskusyjny. Podsumowując, ogólna ocena rozprawy jest pozytywna.

6. Podsumowanie, spełnienie wymogów ustawowych

Uzyskane w rozprawie wyniki, oparte w przeważającej części na badaniach własnych Autora, są wartościowe zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i utylitarnego. Autor zaprezentował w swojej rozprawie doktorskiej oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Jako jego wkład w dyscyplinę naukową elektrotechnika zaliczam przede wszystkim:

- przedstawienie analizy literatury przedmiotu i stanu badań w zakresie kształtowania cen i taryf na rynku energii;
- przedstawienie mechanizmów funkcjonowania rynku energii;
- przedstawienie krytycznej i aktualnej sytuacji sektora energetycznego w Polsce;
- zidentyfikowanie i wskazanie czynników powodujących wzrost cen hurtowych na rynku energii;
- kompleksową analizę taryf i ich funkcji;
- opracowanie algorytmu optymalizacyjnego, który kalkulując koszty związane z zakupem energii oraz jej dystrybucją, a także mocą umowną, pozwala na optymalny dobór grupy taryfowej oraz wyznaczenie optymalnej wartości mocy umownej, na podstawie danych pomiarowych mocy czynnej oraz biernej;
- stworzenie autorskiej funkcji umożliwiającej ustalenie mocy umownej na optymalnym poziomie z punktu widzenia minimalizacji nakładów finansowych;
- realizację narzędzia umożliwiającego optymalny dobór taryf energii elektrycznej (obróć i dystrybucja) oraz mocy umownej dla odbiorcy przemysłowego.

Sposób prowadzenia badań oraz uzyskane rezultaty możliwe do wykorzystania w praktyce, potwierdzają znaczną wiedzę Doktoranta w jego dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i przedstawiania jej wyników. Postawioną w pracy tezę uważam za udowodnioną. Cel pracy został osiągnięty.

Na podstawie powyższych rozważań stwierdzam, iż w mojej ocenie **recenzowana praca spełnia wszystkie warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim** określone przez obowiązującą ustawę (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, ze zm. w Dz. U. z 2005 r. Nr 164, poz. 1365, w Dz. U. z 2011 r. Nr 84, poz. 455 oraz Dz. U. z 2016 r. poz. 882) – ustawa znowelizowana) w zakresie dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika (zawierającej dyscyplinę elektrotechnika).
Wnioskuje o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.

Andrzej Anul