

Warszawa, 31.08.2022

dr hab. inż. Jerzy Marzecki, prof. uczelni
Politechnika Warszawska
Wydział Elektryczny
Instytut Elektroenergetyki
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
Tel.: +48 22 234 5626, 609612364
e-mail: jerzy.marzecki@pw.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Czosnyki zatytułowanej:

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

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawą opracowania tej recenzji jest pismo Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Wrocławskiej prof. dr. hab. inż. Andrzeja Dziejca z dnia 15 lipca 2022 r. powołujące się na uchwałę Komisji ds. Stopni Naukowych Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika z dnia 11 lipca 2022.

Przekazana mi rozprawa doktorska liczy łącznie 155 stron tekstu zasadniczego wraz ze spisem treści, rysunków i tabel oraz bibliografią zagadnienia (66 pozycji literatury) a także wykazem najważniejszych skrótów i oznaczeń.

2. Zagadnienie naukowe i jego sformułowanie

Podjęte przez Autora zagadnienie naukowe polegające na opracowaniu metod optymalizacji kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii uwzględniających techniczno-ekonomiczne uwarunkowania zmienności obciążeń elektroenergetycznych i taryf energii elektrycznej w różnych grupach odbiorców, mieści się w szerokim obszarze zagadnień w zakresie dyscypliny elektrotechnika, dziedziny nauk technicznych.

W obliczu wzrastających cen energii elektrycznej oraz niestabilnej sytuacji na rynku energii konieczne jest wskazanie metod oraz opracowanie narzędzia pozwalającego na optymalizację kosztów związanych z energią elektryczną. Drastyczny wzrost cen energii elektrycznej doprowadza do zwiększenia spirali inflacyjnej, ponieważ z punktu widzenia przedsiębiorstwa cena energii jest to koszt, który zostanie przeniesiony na odbiorcę końcowego w postaci wyższej ceny oferowanych produktów i usług.

W ramach przygotowań do rozprawy doktorskiej, Autor dokonał przeglądu literatury bazującej na polskich i zagranicznych opracowaniach naukowych i portalach branżowych oraz materiałach konferencyjnych związanych z podjętą tematyką, z uwzględnieniem zmian prawnych, legislacyjnych oraz ogólnej sytuacji na rynku energii w latach 2017-2021.

W pracy doktorskiej skupiono się głównie na przemysłowych odbiorcach energii elektrycznej, gdyż wolumen energii pobieranej przez małe, średnie i duże przedsiębiorstwa jest najbardziej znaczący w całym bilansie energetycznym. Zużycie energii przez gospodarstwa domowe stanowi jedynie 16,5% rocznego krajowego zużycia.

Studia literaturowe oraz zdobyte doświadczenie praktyczne Doktoranta dotyczące analizy rynku i taryf energii elektrycznej, elektroenergetyki obiektów przemysłowych wskazują na zasadność zastosowania metod optymalizacji w celu doboru mocy umownej odbiorcy przemysłowego i taryf energii elektrycznej przy minimalnych nakładach finansowych.

Spostrzeżenia te były podstawą do podjęcia ciekawego i praktycznego problemu badawczego.

Doktorant zdecydował się zatem opracować nowatorskie narzędzie, niedostępne w polskich uwarunkowaniach umożliwiające przeprowadzenie w sposób automatyczny procesu optymalizacyjnego, polegającego na optymalnym doborze:

- grupy taryfowej za dystrybucję energii elektrycznej
- grupy taryfowej za energię elektryczną,
- mocy umownej.

Tematyka rozprawy jest więc aktualna na tle obecnego stanu wiedzy i potrzeb elektroenergetyki i elektrotechniki.

3. Cel i teza rozprawy

Zarówno cel pracy (jasno określony i poprawnie sformułowany), jak i teza rozprawy (strona 8) zostały przez Doktoranta sformułowane poprawnie. W sposób jednoznaczny wynika z nich zakres działań niezbędnych do wykonania w pracy.

Celem pracy było stworzenie narzędzia umożliwiającego analizę kosztów związanych z doбором taryf energii elektrycznej, mocy umownej dla dużego odbiorcy.

Teza pracy ma cechy oryginalności, a jej prawdziwości Autor rozprawy dowodzi rozwiązując szereg zagadnień szczegółowych o charakterze zarówno poznawczym, jak i aplikacyjnym.

W rozprawie zrealizowano następujące zadania:

- W **rozdziale drugim** przedstawiono aktualny stan sektora energetycznego w Polsce z danymi statystycznymi dotyczącymi zużycia i produkcji energii elektrycznej. Przeanalizowano szanse i zagrożenia polskiej energetyki.
- **Rozdział trzeci** zawiera dogłębny opis funkcjonowania rynku energii elektrycznej w Polsce oraz mechanizmów jakie na nim zachodzą, z uwzględnieniem Towarowej Giełdy Energii.
- **Rozdział czwarty** opisuje jakie możliwości ma odbiorca biznesowy funkcjonując na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej, z podkreśleniem możliwości optymalizacyjnych i środków zaradczych pozwalających wygenerować oszczędności w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii.
- W **rozdziale piątym** opisano czynniki wpływające i kształtujące cenę energii elektrycznej, dokonano analizy tych czynników i wskazano na przyczyny wzrostu cen w ostatnim okresie.
- **Rozdział szósty** zawiera opis zasad kształtowania i funkcji taryf energii elektrycznej oraz dystrybucji energii, a także pokazano które obszary zapisane w taryfach mogą podlegać optymalizacji i minimalizacji nakładów finansowych z punktu widzenia odbiorcy energii.

- *W rozdziale siódmym* dokonano przeglądu dostępnych na polskim rynku instrumentów wspomagających proces decyzyjny związany z optymalizacją taryf u odbiorcy przemysłowego.
- *Rozdział ósmy* zawiera opis opracowanego narzędzia optymalizacyjnego i algorytmu, według którego program podejmuje działania optymalizacyjne dla 3 obiektów przemysłowych.
- *W rozdziale dziewiątym* przedstawiono analizę wybranych 3 obiektów przemysłowych poddanych optymalizacji przy zastosowaniu stworzonego algorytmu.
- *Rozdział dziesiąty* stanowi podsumowanie wszystkich przeprowadzonych prac badawczych, naukowych i analiz wykonanych w ramach rozprawy doktorskiej.

4. Waga podjętego zagadnienia naukowego

Podjęte w pracy przez Autora problemy zyskują na ważności w obecnych uwarunkowaniach technicznych i ekonomiczno – społecznych kraju związanych z restrukturyzacją gospodarki w tym przede wszystkim w przemyśle i transporcie.

Polityka energetyczna Unii Europejskiej jak i również Polski narzucają silne regulacje na poziomie legislacji i wywierają dużą presję odnośnie regulacji w zakresie efektywności energetycznej.

W związku z tym eksploatacja i racjonalne planowanie rozwoju systemów przesyłu, dystrybucji i zaopatrzenia w energię elektryczną odbiorców przemysłowych, dobór taryf energii elektrycznej wymagać będą nowych wiarygodnych metod i poszukiwania danych opisujących zachodzące procesy.

Odzwierciedleniem kierunków rozwoju gospodarki są zmiany struktury finalnego zużycia energii w głównych sektorach gospodarki w tym przede wszystkim w przemyśle.

5. Przegląd aktualnego stanu wiedzy

Dowiedzenie tezy rozprawy wymagało od Doktoranta doboru źródeł literatury, oddającej trafnie stan wiedzy w specyficznych dziedzinach, jakimi są elektroenergetyka (układy dystrybucji energii, analiza obciążeń elektroenergetycznych, grupy taryfowe energii elektrycznej) i teoria optymalizacji (tworzenie i analiza modeli).

Spis literatury zamieszczony w rozprawie składa się ze 59 pozycji wydanych w kraju i 7 pozycji zagranicznych. W tym zbiorze występuje 5 pozycji literatury ze środowiska naukowego Doktoranta, wśród których 1 jest jego współautorstwa.

Wszystkie pozycje literatury są ściśle związane z tematyką badawczą poruszaną w recenzowanej pracy i dobrze tę tematykę reprezentują. Świadczy to o dosyć dobrym rozpoznaniu przez Autora aktualnego stanu w zakresie rozważanych w pracy zagadnień.

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną, wymogi ochrony środowiska, zwiększenie efektywności energetycznej, udział odnawialnych źródeł energii, konieczność modernizacji jednostek wytwórczych i ostatecznie wzrost cen energii, wymuszają racjonalną gospodarkę energią elektryczną w kraju.

6. Oryginalność rozwiązania zadania naukowego

Praca bazuje na zagranicznym i krajowym dorobku naukowym dotyczącym zagadnień sieci przemysłowych jako źródeł przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej, kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii oraz różnych metod

optymalizacyjnych stosowanych w gospodarce i technice, a pewne szczególne wątki Autor rozwija konsekwentnie z wykorzystaniem własnych koncepcji i rozwiązań stosowanych dla odbiorców przemysłowych.

Rozwiązania przedstawione w recenzowanej pracy przez Doktoranta stanowią dogłębną analizę warunków pracy odbiorców przemysłowych i ich wpływu na możliwość optymalnego doboru taryf energii elektrycznej dla dużego spektrum zmiennych związanych z optymalizacją kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii.

Do oryginalnych osiągnięć Autora przedstawionej rozprawy doktorskiej należy:

- opracowanie algorytmu optymalizacyjnego, który kalkulując koszty związane z dystrybucją, zakupem energii i mocą umowną, pozwala na optymalny dobór grupy taryfowej oraz wyznaczenie najlepszego poziomu mocy umownej na podstawie dokładnych danych pomiarowych,
- stworzenie autorskiej funkcji umożliwiającej ustalenie mocy umownej na optymalnym poziomie z punktu widzenia minimalizacji nakładów finansowych,
- stworzenie działającego narzędzia umożliwiającego optymalny dobór taryf energii elektrycznej oraz mocy umownej dla odbiorcy przemysłowego,
- uzyskanie instrumentu niezależnego od jakichkolwiek spółek dystrybucyjnych czy firm zajmujących się obrotem energią elektryczną,
- identyfikacja i wskazanie czynników powodujących wzrost cen hurtowych na rynku energii,
- przedstawienie krytycznej i aktualnej analizy sytuacji sektora elektroenergetycznego w Polsce,
- przedstawienie mechanizmów funkcjonowania rynku energii,
- analiza taryf i ich funkcji,
- wykonanie dużej ilości pomiarów w zakładach przemysłowych,
- wybór i kwalifikacja zakładów przemysłowych do analizy.

Stwierdzam, że przeprowadzone badania i uzyskane wyniki analityczne w oparciu o wybrane metody optymalizacyjne i aktualne problemy sektora elektroenergetycznego w pełni potwierdzają sformułowaną w rozprawie doktorskiej tezę, że ***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.***

7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Recenzowana rozprawa jest pracą o dobrym poziomie merytorycznym. Autor niewątpliwie wykazał, że posiada umiejętność:

- formułowania i rozwiązywania problemu naukowego,
- przyjmowania uzasadnionych założeń,
- wykorzystywania i rozwijania właściwych podejść metodycznych,
- rozwiązywania postawionych zadań,
- przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów.

Śledząc drogę rozwoju Doktoranta można wnioskować o Jego samodzielności i inicjatywie w podejmowaniu wielu trudnych zadań. Na szczególną uwagę zasługuje wysoki poziom prowadzonych rozważań, co dobrze rokuje Jego karierze naukowej i zawodowej.

8. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

1. Autor w pracy opisuje i wskazuje na zmniejszenie konkurencyjności polskiego rynku energii. Czym jest to spowodowane i co wpływa na konkurencyjność na rynku energii? Jak może to wpłynąć na cenę energii w przyszłości i jaka jest dalsza perspektywa zmian w tym zakresie?
2. Jakie działania systemowe według Doktoranta można podjąć lub na jakie czynniki kształtujące ceny energii można wpłynąć, aby obniżyć ceny energii? Czy jest to w ogóle możliwe w kraju? Czy można rozważyć inny, alternatywny sposób ustalania ceny energii na Towarowej Giełdzie Energii?
3. W ostatnim czasie w mediach i opinii publicznej dominuje przekonanie jakoby głównym powodem, przez który wzrastają ceny energii są wzrastające ceny praw do emisji CO₂. Czy jest to jedyna przyczyna wzrostów?
4. Doktorant w pracy podaje dwie metody rozliczania odbiorcy za przekroczenie mocy umownej. Która z metod rozliczania: suma dziesięciu przekroczeń czy dziesięciokrotność największego przekroczenia jest najczęściej stosowana do rozliczania odbiorców energii elektrycznej w tym zakresie? Czy nie lepszym sposobem na unikanie kar za przekroczenie mocy czynnej byłoby zainstalowanie tak zwanego strażnika mocy, który redukuje pobór mocy w przypadku przekroczeń?
5. W rozprawie skupiono się na przeglądzie powszechnie dostępnych i darmowych instrumentów optymalizacyjnych. Czy istnieją inne, komercyjne i płatne narzędzia oferujące optymalizację znane Autorowi?
6. Czy opracowany algorytm optymalizacyjny oparty jest o jakąś znaną i opisaną już w przeszłości metodologię lub model matematyczny? Czy jest to w całości rozwiązanie autorskie? Jakie metody numeryczne i funkcje Autor zastosował do wykonania modelu?
7. Narzędzie optymalizacyjne zostało stworzone w środowisku programistycznym MATLAB. Dlaczego nie zdecydowano się na zastosowanie innego środowiska programistycznego, bardziej uniwersalnego i takiego, które nie wymaga posiadania licencjonowanego oprogramowania do przeprowadzenia procesu optymalizacyjnego?
8. Czy stworzone narzędzie uwzględnia również zmienność taryf w dni wolne od pracy (sobota-niedziela i święta). Czy są dostępne podobne rozwiązania na rynku, które umożliwiłyby przeprowadzenie podobnego procesu?
9. Czy opracowane przez Doktoranta narzędzie oraz algorytm optymalizacyjny są uniwersalne i czy można je zastosować do wszystkich odbiorców energii elektrycznej?
10. Rozprawa doktorska dotyczy analizy 2 zakładów przemysłowych o podobnym profilu produkcji, interesujące byłoby w przyszłości wykonanie przez Autora innych przykładów dla różnych obiektów przemysłowych.

9. Strona redakcyjna rozprawy

Rozprawa jest zredagowana i napisana poprawnym językiem z dużą starannością edytorską. Treść rozprawy odpowiada tematowi określonemu w tytule. Układ rozdziałów jest poprawny i logiczny a następstwo rozdziałów właściwe. Drobne, mniej istotne, szczegółowe uwagi o charakterze w zasadzie redakcyjnym, przekazałem Autorowi, lecz ich zakres i waga nie umniejszają wartości pracy i nie wymagają autorskich ingerencji w tekst.

10. Podsumowanie

Oceniana rozprawa doktorska, umiejscowiona w dyscyplinie naukowej „Elektrotechnika”, dziedziny nauk technicznych stanowi znaczący wkład w dziedzinę wiedzy związaną z elektroenergetyką, sieciami przemysłowymi, kosztami użytkowania energii elektrycznej.

W recenzowanej pracy trudno wskazać fragmenty lepsze lub słabsze. Poziom pracy jest równy (analizując kolejne rozdziały) i wysoki. Doktorant wykazał się dobrą znajomością problematyki, umiejętnością twórczego rozwiązywania problemów, przekonującą prezentacją uzyskanych rezultatów oraz precyzją przedstawiania zagadnień.

Recenzowana rozprawa doktorska dowodzi, że Doktorant posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jest to praca o dobrym poziomie teoretycznym, odpowiada też realiom krajowej elektroenergetyki oraz wymaganiom i oczekiwaniom potencjalnych użytkowników.

Sformułowany cel pracy oraz dowiedzenie przedstawionej tezy zostały zrealizowane z powodzeniem.

11. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa stanowi duży i samodzielny wkład Doktoranta w rozwój zastosowań i doboru grup taryfowych oraz mocy umownej zakontraktowanej na optymalnym poziomie dla odbiorcy przemysłowego w krajowej elektroenergetyce. Przedstawione w rozprawie oryginalne rozwiązanie problemu naukowego powinno być wykorzystywane w dalszych pracach naukowo-badawczych zmierzających do ich implementacji w elektroenergetyce przemysłowej i ma istotne znaczenie dla rozwoju sektora energii elektrycznej w kraju.

Rozprawa stanowi dowód głębokiego opanowania wiedzy z wielu dziedzin oraz świadczy o wysokim poziomie naukowym Doktoranta.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Czosnyki pt.: „Metody optymalizacji kosztów energii elektrycznej w aspekcie dynamicznych zmian na rynku energii” spełnia wymagania wynikające z Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. (Dz. U. z dnia 21.06.2016 r., poz. 882.) i stawiam wniosek o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

