

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Błażeja Olka

pt. „ *Optimization of energy balancing and ancillary services in low voltage networks* ” / *Optymalizacja bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych w sieciach niskiego napięcia*

### Wstęp

Niniejszą recenzję opracowałem na podstawie uchwały Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej z dnia 2 lipca 2013 roku oraz zgodnie z umową W-2/500-1/2013 z dnia 5 lipca 2013 roku na wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej.

Recenzja zawiera następujące części:

1. ogólną charakterystykę rozprawy,
2. charakterystykę tematu oraz tezę rozprawy,
3. rozwiązanie postawionego problemu naukowego,
4. uwagi i kwestie dyskusyjne,
5. ocenę pracy jako rozprawy doktorskiej,
6. wniosek końcowy.

### 1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa napisana w języku angielskim zawiera 259 stron tekstu podstawowego , podzielonego na 8 rozdziałów , w tym podsumowanie, spis literatury , zawierający 158 wielojęzycznych pozycji bibliograficznych zestawionych w kolejności alfabetycznej oraz spis rysunków i tabel , zastosowanych w rozprawie.

Pracę można zasadniczo podzielić na dwie części merytoryczne:

- *Część pierwszą* ogólną, obejmującą wprowadzenie i rozdziały 2-3 , w których przedstawiono ogólnie badane zagadnienia, cel i tezę pracy oraz zaprezentowano syntetycznie stan wiedzy na temat nowoczesnych systemów elektroenergetycznych , główne aspekty polityki energetycznej Unii Europejskiej, regulacje prawne i oraz techniczną problematykę zarządzania siecią inteligentną . W tej części pracy zdefiniowano funkcję celu wraz z jej ograniczeniami.
- *Część drugą*, obejmującą rozdziały 4-8 , która zawiera modele matematyczne sieci testowej wykorzystywanej w symulacjach komputerowych, przegląd metod optymalizacyjnych wraz ze wskazaniem metody wybranej do badań scenariuszowych oraz różnorodne badania i analizy możliwości bilansowania energii z uwzględnieniem regulacyjnych usług systemowych , a także podsumowanie i wnioski końcowe oraz wykazy bibliografii i spis rysunków i tabel, zastosowanych w rozprawie.

Struktura pracy jest ogólnie poprawna, chociaż fragmentami sprawia wrażenie nieco rozwlekłej. Strona formalna pracy jest zasadniczo właściwa. Praca napisana jest dobrym językiem naukowo-technicznym/angielskim. Należy stwierdzić na tej podstawie, że Autor rozprawy wykazał się umiejętnością pisania prac o charakterze naukowym.

## 2. Charakterystyka tematu oraz celu rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej pt. „*Optimization of energy balancing and ancillary services in low voltage networks*”/”*Optymalizacja bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych w sieciach niskiego napięcia*” jest istotna zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat powstało stosunkowo sporo opracowań o tematyce wykorzystania generacji rozproszonej/rozsianej do bilansowania energii i możliwości świadczenia regulacyjnych usług systemowych przez źródła lokalne. Jest to zagadnienie, którego złożoność wynika głównie z wieloaspektowej natury problemów decyzyjnych i trudności w ich modelowaniu. Problem naukowy rozważany w pracy jest zatem *bardzo aktualny i ważny szczególnie* w tym okresie, kiedy nasz kraj aspiruje do grona krajów wysoko rozwiniętych, gdzie zasady gospodarki rynkowej powinny być stosowane. Badania nad problematyką rozważaną w rozprawie zarówno w kraju jak i zagranicą są już prowadzone od pewnego czasu. Ich wyniki pomimo, że opracowano wiele metod i procedur nie dają się w sposób prosty zastosować bezpośrednio do zagadnień rozważanych w rozprawie, stwarzając wiele utrudnień aplikacyjnych.

Pozytywnie więc oceniam fakt, że Doktorant podjął tak złożony i bardzo aktualny problem, zajmując się w rozprawie badaniami w zakresie możliwości koordynacji bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych w sieciach niskiego napięcia w warunkach rynkowych. Biorąc pod uwagę powyższe aspekty praca doktorska mgr inż. inż. Błażeja Olka jest aktualna i dotyczy ważnych problemów w elektroenergetyce i gospodarce elektroenergetycznej. Doktorant podjął się trudnego zadania, polegającego na zbadaniu i udowodnieniu możliwości optymalizacji procesu bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych w sieciach niskiego napięcia.

Przeprowadzone badania nie wyczerpują w pełni możliwości zaproponowanej koncepcji bilansowania energii, jak również nie wyczerpują metod stosowanych do celu wykrycia związków pomiędzy zmiennymi decyzyjnymi. Zagadnienie poszukiwania takiej postaci zmiennych, która okazałaby się najlepsza i najbardziej użyteczna do celów optymalizacji (co wiąże się również z przygotowaniem danych wejściowych w celu odfiltrowania zdatnych do uogólnienia użytecznych korelacji) pozostaje tematem otwartym, w którym jeszcze wiele można zbadać. Zaproponowana przez Doktoranta metodyka badań i analiz jest oryginalnym podejściem Autora, służącym do rozwiązania postawionego problemu, a także jest wkładem w rozwój dyscypliny naukowej, której poświęcona jest rozprawa doktorska.

Postawione przez Autora cele pracy są oryginalne. Przedstawiony problem naukowy jest aktualny i ważny, szczególnie w obecnym okresie. Zagadnienia naukowe przedstawione w pracy są w ogólności sprecyzowane w sposób wystarczająco jasny i jednoznaczny.

## 3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego

Problem naukowy przedstawiony przez Autora rozwiązany został w rozdziałach: czwartym/siódym, gdzie kolejno sprecyzowano główne założenia metodyczne, zamodelowano sieć z pasywnymi i aktywnymi odbiorami, dokonano modelowania cen dla różnych grup i stworzono modele nieliniowej optymalizacji statycznej, pozwalające na jednoczesne uwzględnienie aspektów technicznych i ekonomicznych. Ponadto dokonano analiz metod pod kątem przydatności do rozważanych w rozprawie zagadnień, zdefiniowano scenariusze do symulacji komputerowych, przeprowadzono symulacje i szczegółowo omówiono rezultaty badań oraz sformułowano rekomendacje do dalszych działań.

Autor rozprawy wykorzystał przy tym twórczo pakiet optymalizacyjny Matlab rozszerzony o narzędzia optymalizacyjne Tomlab.

Za oryginalne osiągnięcia Autora pracy uznałbym:

1. *identyfikację możliwości stworzenia lokalnego bilansowania energii w obszarze węzłowym sieci niskiego napięcia pozwalającej na zwiększenie udziału generacji rozproszonej, w tym OZE,*
2. *opracowanie koncepcji metodyki badań optymalizacyjnych możliwości bilansowania energii w sieciach niskiego napięcia,*
3. *wykonanie konkretnych obliczeń/symulacji optymalizacyjnych w oparciu o osiem scenariuszy o dużym znaczeniu dla praktyki gospodarczej z zastosowaniem autorskiej koncepcji bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych, mogących prowadzić do ograniczenia strat sieciowych, poprawy kompensacji mocy biernej, zmniejszenia asymetrii prądów i napięć oraz ograniczenia wyższych harmonicznych.*

### 3. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Jako recenzent rozprawy zgłaszam następujące uwagi i kwestie dyskusyjne:

#### A. Uwagi ogólne:

1. Wyrażam wątpliwość, czy w badaniach rzeczywiście zastosowano wielokryterialną funkcję celu, skoro w rozprawie sformułowano w zasadzie jako funkcję celu kombinację różnorodnych zależności kosztowych.
2. Gdyby jednak przyjąć, że funkcja celu jest „wielokryterialna” (jak postuluje Autor), to dlaczego w pracy nawet nie skomentowano metod optymalizacji wielokryterialnej (np. optymalizacji w sensie Pareto).
3. Uważam, że stosowanie niepełnego rachunku ekonomicznego (bez uwzględniania czynnika czasu) w różnorodnych analizach jest zbyt daleko idącym uproszczeniem i może prowadzić do niewłaściwych wniosków. W tej dziedzinie odradzałbym „eksperymentowanie”, gdyż opracowano już całkiem racjonalny układ rodzajowy kosztów w elektroenergetyce, który z powodzeniem można uwzględniać w badaniach.
4. Kompozycja pracy zyskałaby na przejrzystości, gdyby ograniczono początkowe rozdziały, nie wchodząc w politykę energetyczną oraz zrezygnowano z nużącego opisu regulacji formalno-prawnych UE i tak od nas niezależnych.

#### B. Uwagi szczegółowe:

1. Strona 18. wiersz 3. od góry- moim zdaniem teza pracy powinna być zakończona po słowach „...” w węzłach niskiego napięcia”. Dalsze dywagacje na temat zastosowanych metod optymalizacji nie prowokowałyby do dyskusji.
2. Strona 85. wzór 2.26 – wymaga komentarza. N – czy to moc pozorna?
3. Strona 93 wiersz 4. od dołu – brakuje komentarza odnośnie do „rms magnitudes”
4. Strona 98. wiersz 10. od góry- zamiast „electric energy” może lepiej „electricity”?
5. Strona 101. rys. 36 - sztuczna inteligencja to raczej narzędzia, a nie metody optymalizacji; ta kategorizacja metod jest moim zdaniem kontrowersyjna.

6. Strona 104 wzór 3.1 – w stosunku do opisu do wzoru jest znaczna niekonsekwencja ( np. cena energii czynnej vs cena mocy biernej itd.) – proszę o wyjaśnienie. Ma to zresztą miejsce i w dalszej części pracy.
7. Strona 115 i dalej - Rozdz.4 dotyczący modelowania sieci – jak zamodelowano pozostałe elementy infrastruktury sieciowej ( w modelach uwzględniono tylko linie i transformatory). Czy w przypadku sieci napowietrznej nn będzie tak samo ???
8. Strona 118 i dalej- wzór 4.1,4.3 – czy tak oblicza się parametry układu zastępczego transformatora ???
9. Strona 137 wzór 4.5 – czy to jest koszt energii czy mocy czynnej ???
10. Strona 239 wiersz 4/6 w wykazie publikacji ten sam autor ma dwie wersje nazwiska – proszę się zdecydować . Ponadto w 7. wierszu od dołu - błąd w nazwisku autorki pracy.
11. Strona 258 wiersz 6.od góry – w polskim streszczeniu doktorant podkreśla , że praca dotyczy „ bilansowania mocy” , a w tytule było „ bilansowanie energii” . Proszę wytłumaczyć tę niekonsekwencję.

Przedstawione powyżej uwagi zasadniczo nie obniżają wartości merytorycznej recenzowanej rozprawy i nie umniejszają osiągnięć Autora. Inne nieliczne drobne uwagi, potknięcia stylistyczne jak również pewne niejasności ( przykładowo na rysunkach - s.181,189,203,210 - brak ozn. jednostki na osi czasu, czy niedoróbka edycyjna - s.244) zostały pominięte w recenzji na skutek uprzedniego omówienia i wyjaśnienia ich z Doktorantem.

## 5. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę zawartość pracy stwierdzam, że Doktorant w sposób wystarczająco jednoznaczny sformułował problem naukowy , który następnie rozwiązał właściwie przy użyciu metod naukowych. Zakres i stopień wiedzy Doktoranta w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy praca, jest wystarczający zarówno w zakresie teoretycznym jak również aplikacyjnym. Na szczególną uwagę zasługuje spora wiedza i znajomość zagadnień z zakresu gospodarki elektroenergetycznej , modelowania matematycznego i programowania komputerowego oraz sprawność językowa angielskiego . Doktorant posiada również dość dobre opanowanie techniki pisania prac naukowych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

## 6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Błażeja Olka pt. „ *Optimization of energy balancing and ancillary services in low voltage networks*”/ *Optymalizacja bilansowania energii i regulacyjnych usług systemowych w sieciach niskiego napięcia spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich* zawarte w art. 13 Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 14.03.2004r.(Dz.U.nr 65,poz.595) w korespondencji z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym z 27.07.2005 roku ( Dz. U. nr 164,poz.1365). Jest ona oryginalnym rozwiązaniem postawionego przez Autora zagadnienia naukowego. Potwierdza opanowanie przez Niego wiedzy w dyscyplinie naukowej **elektrotechnika/elektroenergetyka/gospodarka elektroenergetyczna** . Potwierdza również umiejętność rozwiązywania problemów naukowych , w związku z powyższym wnioskuje o dopuszczenie **mgr. inż. Błażeja Olka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.**