

WPŁYNEŁO

2023 -12- 0 2.

dn.....

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Lubośny  
Katedra Elektroenergetyki  
Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
Politechnika Gdańska  
ul. G. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk

Gdańsk, 25 listopada 2023 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Sosnowskiego,  
pt. „Regulacja przepływu energii w sieci nN za pomocą mobilnych i stacjonarnych  
zasobników energii”**

**Promotor: dr hab. inż. Piotr Biczal**

**Promotor pomocniczy: dr inż. Janusz Jakubowski**

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Sosnowskiego, pt. „Regulacja przepływu energii w sieci nN za pomocą mobilnych i stacjonarnych zasobników energii”, została opracowana na podstawie:

- Pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne, prof. dra hab. inż. Tomasza Stareckiego, z dnia 27 czerwca 2022 r. oraz umowy o dzieło na recenzję doktorską.
- Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r., Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 30 sierpnia 2018 r., poz. 1669, z późn. zm.).
- Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 30 sierpnia 2018 r., poz. 1668, z późn. zm.).
- Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (jednolity tekst ustawy Dz. U. z dnia 21 czerwca 2016 r., poz. 882, z późn. zm.).

Oceniana rozprawa doktorska została przedstawiona w postaci drukowanej na 145 stronach. Po stronie tytułowej znajdują się strony: zawierające podziękowania (1 strona), streszczenie w języku polskim i angielskim (2 strony), spis treści (1 strona), wykaz oznaczeń, symboli i skrótów (1 strona). Po wstępie (2 strony), znajduje się 5 zasadniczych rozdziałów rozprawy, kończących się podsumowaniem (rozdział 7). Bibliografia obejmuje 95 pozycji (9 stron), a pracę kończą załączniki (17 stron). Kolejność rozdziałów oraz podział treści na poszczególne rozdziały nie budzą zastrzeżeń.

**1. Problem naukowy (teza) rozprawy i trafność oraz jasność jego sformułowania**

Rozprawa dotyczy wykorzystania zasobników energii w pracy sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia w warunkach rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE) w sensie wzrostu nasycenia nimi systemów elektroenergetycznych, a właściwie źródeł konwertujących energię promieniowania słonecznego i strumienia powietrza na energię elektryczną. Problem ten jest aktualny ze względu na efekt cieplarniany oraz wyczerpywanie się paliw kopalnych jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny. Skutkiem powyższego jest wspierana / kreowana politycznie transformacja systemów elektroenergetycznych.

Autor zaproponował następującą tezę pracy: *wykorzystanie mobilnych i stacjonarnych bateryjnych zasobników energii w dystrybucyjnych sieciach elektroenergetycznych niskich napięć przyczyni się technicznej i ekonomicznej poprawy funkcjonowania warszawskiej sieci rozdzielczej.*

Z jednej strony tezę tą należy uznać za trywialną w sytuacji gdy nie definiuje się, co najmniej jakościowych wskaźników oceny, wskazanej w tezie, „poprawy funkcjonowania ... sieci rozdzielczej”. Z drugiej strony teza tak sformułowana jest wyzwaniem, gdyż o ile z sensie technicznym trudno się nie zgodzić, że zasobniki energii są w stanie „wespierać” sieci rozdzielcze to w sensie ekonomicznym, ze

względu na duże koszty zasobników, udowodnienie tezy jest obecnie niemożliwe, a przynajmniej trudne. Chociaż możliwość udowodnienia tezy zależy od potencjalnie przyjętych (ale nie wyartykułowanych w rozprawie) wskaźników oceny. Teza zatem powinna być rozszerzona.

Jako uzupełnienie do tezy przedstawionej w rozdziale 3.1, w rozdziale 3.2 Autor sformułował cel, który zamierzał osiągnąć oraz przedstawił zakres merytoryczny rozprawy. Natomiast w rozdziale 3.3 opisał przyjętą metodę badawczą. Struktura rozdziałów uzasadnia stwierdzenie, że problem naukowy rozprawy należy uznać za trafnie sformułowany, a zakres pracy za poprawnie, z naukowego punktu widzenia, określony.

## 2. Ocena rozwiązania postawionego problemu, w tym zastosowanych metod oraz ocena umiejętności Autora związanych z metodyką i metodologią prowadzenia badań naukowych

Analiza zawartości rozdziałów pozwala na sformułowanie następujących uwag:

- W rozdziale 4, w części przed podrozdziałem 4.1, tj. na stronach 43÷45, Autor, między innymi, przedstawia rozważania dotyczące obliczania rozptywu mocy w oparciu o model matematyczny sieci elektroenergetycznej. Zależności matematyczne zawierają błędy formalne. Autor we wzorach od 2 do 5 nie wyróżnia zmiennych będących liczbami zespolonymi, ani liczbami zespolonymi sprzężonymi. Wzór 4, mający postać  $S_i = U_i + I_i$  jest skrajnym przykładem niepoprawności. Można tu założyć, że wystąpiła pomyłka redakcyjna co do znaku pomiędzy prądem i napięciem ale nawet wówczas brak oznaczenia zmiennych zespolonych i sprzężenia prądu nadal pozostaje błędem. Powyższe należy traktować jako nieakceptowalne w rozprawie doktorskiej w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne. Należy to traktować jako dyskwalifikujące rozprawę. Ponadto, przedstawiony opis sposobu obliczania rozptywu mocy nie jest kompletny. Odnosi się wrażenie, że autor przepisał kilka wzorów tylko dla wypełnienia rozprawy, nie wykorzystując algorytmu obliczania rozptywu mocy w dalszej części pracy. Przykładowo, brakuje zależności określających pochodne cząstkowe mocy biernej. We wzorach od 6 do 14 widoczny jest brak precyzji, a w tym, błędnie zdefiniowane są niektóre indeksy dolne (wzór 10), brakuje opisu niektórych oznaczeń, np.  $L$ ,  $n_i$ ,  $n$ . Równocześnie opis zawarty w rozdziale jest dość chaotyczny i mało precyzyjny.
- Koncepcja doboru mocy i lokalizacji mobilnych i stacjonarnych magazynów energii, przedstawiona w rozdziale 4.3 (wzory 17÷25) wydaje się być kluczową dla rozprawy. Jest ona, jak Autor pisze, oparta o koncepcję przedstawioną w artykule [95] ze spisu treści recenzowanej rozprawy. Autor Rozprawy jest współautorem artykułu [95]. Autor twierdzi, że algorytm wykorzystany w rozprawie jest zmodyfikowaną wersją algorytmu prezentowanego w artykule [95]. Wyjściowe dla algorytmu proponowanego w Rozprawie są wzory 17 i 18. W opisie zmiennych tych wzorów autor pisze:
  - A. w zdaniu przed wzorem 17, że  $E_d''$  jest *wolumenem energii elektrycznej koniecznej do dostarczenia aby umożliwić dojazd pogotowia energetycznego do miejsca awarii*. Ilość energii elektrycznej koniecznej do dostarczenia aby umożliwić dojazd pogotowia energetycznego do miejsca awarii jest związana ze sposobem dotarcia pogotowia energetycznego, a w tym może być równa zero (np. dojazd pojazdem spalinywym).
  - B. w opisie zmiennych, że  $E_d''$  jest to *wolumen energii do „dostarczenia”*. Nie wiadomo jednak komu. Domyślić się można, że jest to wolumen energii do dostarczenia kluczowym odbiorcom, ale może jest to ilość energii w zasobniku mobilnym, która może być dostarczona do danego węzła sieci przez pogotowie energetyczne (co wynika z dalszej części opisu algorytmu).

Występuje tu zatem sprzeczność logiczna lub niepewność interpretacyjna o poziomie nieakceptowalnym w rozprawach doktorskich.

Równocześnie wzór 18 definiuje  $E_d''$  jako różnicę wolumenu energii elektrycznej wymaganej dla zasilenia kluczowych odbiorców ( $E_d'$ ), pomniejszony o całkowity wolumen energii elektrycznej (obciążenie stacji?)  $E_{E-B}$  dla zdarzeń planowych albo jako równy  $E_d'$  dla awarii. Nie jest jasne jak

definiowany jest całkowity wolumen energii elektrycznej (obciążenie stacji)  $E_{E-B}$ . Czy  $E_{E-B}$  może być większe niż  $E_d'$ . Wówczas  $E_d''$  jest liczbą mniejszą niż zero. Czy ujemna wartość  $E_d''$  (jeżeli nie jest to energia umożliwiająca dojazd pogotowia energetycznego) jest czynnikiem „wymuszającym” w algorytmie zastosowanie zasobnika energii?

W rozprawie nie zawarto przykładu rachunkowego opartego o prezentowany algorytm, co prowadzi do pytania o zasadność wprowadzenia opisu (niepełnego zresztą) tego algorytmu do recenzowanej rozprawy.

- Na stronie 56 Autor stwierdza, że w rozprawie zastosował metodę uproszczoną w stosunku do metody opisanej wcześniej wzorami 17÷25, a opartą o dane pomiarowe i wiedzę ekspercką pracowników Operatora (kryteria - Tabele 5÷9 i współczynniki wagowe - Tabele 12÷15). Metoda ta pozwala ocenić w jakim stopniu wytypowana lokalizacja zasobnika energii spełnia wybrane kryteria oceny. Autor, jako końcowy element algorytmu podaje dość oczywisty wzór 28 pozwalający określić oczekiwaną wartość planowanej pojemności zasobnika energii w postaci:  $Q_s = S_{TR}W_{sr}t$ , gdzie  $S_{TR}$  to moc transformatora w stacji,  $W_{sr}$  to stopień obciążenia stacji, a  $t$  to planowany czas podtrzymania „zasilania”, związany z czasem dotarcia do stacji brygady pogotowia (bez lub z mobilnym zasobnikiem energii).  
Z opisu zawartego w Rozprawie nie wynika aby kryteria zawarte w tabelach 5÷9 ze współczynnikami wagowymi zawartymi w tabelach 12÷15 wiązały się z algorytmem opisanym zależnościami od 17 do 25. Nie jest tym samym jasne czy algorytm opisany równaniami 17÷25 został przez Autora rozprawy do czegokolwiek wykorzystany. Raczej nie. Tym samym zasadniczym dla pracy doktorskiej jest algorytm stosowany przez Operatora STOEN (wzory 27 i 28), przy czym nieokreślony jest tu wkład Autora rozprawy w opracowanie tego algorytmu.
- Kolejny, 5 rozdział rozprawy zawiera opis wdrożenia zasobników energii w sieci STOEN, a w tym Autor przedstawia wyniki obliczeń oparte o wzory 27 i 28 z wykorzystaniem współczynników wagowych przedstawionych w Tabelach 12÷15. Oznacza to, że treści zawierające metody obliczania rozptyły mocy w sieci elektroenergetycznej obejmujące wzory 2÷14, jak i metoda obejmująca wzory 17÷25 nie zostały wykorzystane w realizacji pracy. Zostały zatem dodane w rozprawie jako swego rodzaju wypełniacz.
- Rozdział 6 zawiera skrótową informację nt. pracy zastosowania zasobników energii, a w tym przykład redukcji mocy szczytowej przez zastosowanie zasobnika energii.

Podsumowując powyższe rozważania należy stwierdzić, że:

- Rozprawa doktorska, tak jak i artykuły naukowe, powinny umożliwiać zrozumienie czytelnikowi prezentowanych treści oraz odtworzenie (powtórzenie) obliczeń wykonanych przez Autora. W przypadku recenzowanej Rozprawy nie jest to możliwe w całym spektrum prezentowanego materiału.
- Rozprawa doktorska nie może zawierać błędów merytorycznych z podstaw danej dziedziny nauki, a recenzowana rozprawa je zawiera.
- Rozprawa doktorska nie powinna zawierać elementów zbędnych, dodawanych jako swego rodzaju wypełniacz, mający teoretycznie podnieść jej wartość naukową przez np. wprowadzenie opisu metody nasyconej zależnościami matematycznymi. A ma to miejsce w recenzowanej pracy.
- Dodatkowo należy stwierdzić, że narracja w pracy należy do chaotycznych i mało precyzyjnych.

### 3. Wniosek końcowy

W mojej ocenie rozprawa doktorska mgra inż. Łukasza Sosnowskiego, pt. „Regulacja przepływu energii w sieci nN za pomocą mobilnych i stacjonarnych zasobników energii” nie spełnia wymagań stawianych rozprawom doktorskim w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595 z dnia 16 kwietnia 2003 r. z późn. zmian.; jednolity tekst ustawy Dz. U. z dnia 21 czerwca 2016 r., poz. 882, z późn. zm).

W związku z negatywną oceną pracy nie wnoszę o dopuszczenie rozprawy mgra inż. Łukasza Sosnowskiego do publicznej jej obrony.

