



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
e-mail: a.chojnacki@tu.kielce.pl
tel. (41) 342-47-61

Kielce, 21.08.2024 r.

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr inż. Mariusza Draba

„Planowanie rozwoju sieci terenowych średniego napięcia w świetle nowych rozwiązań technicznych oraz uwarunkowań prawnych”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Jerzy Marzecki, prof. PW

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. Tomasza Stareckiego, pismo z dnia 28 czerwca 2024 roku, w związku z powołaniem mnie na recenzenta przez Radę Naukową Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Warszawskiej na posiedzeniu w dniu 25 czerwca 2024 roku.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Ocenie podlega rozprawa doktorska „Planowanie rozwoju sieci terenowych średniego napięcia w świetle nowych rozwiązań technicznych oraz uwarunkowań prawnych”. Rozprawa obejmuje 142 strony tekstu i składa się z 7 rozdziałów podstawowych (85 stron), Wstępu (6 stron), Wniosków (4 strony) oraz Bibliografii, liczącej 127 pozycji. Zawiera także trzy załączniki (25 stron). Rozprawę poprzedza Wykaz symboli, oznaczeń i skrótów wykorzystanych w pracy (1 strona). Na stronach 5 i 7 Autor zamieścił streszczenie oraz słowa kluczowe w języku polskim i angielskim.

Rozdziały główne obejmują następujące zagadnienia:

1. Definicja problemu badawczego.
2. Taryfa jakościowa w elektroenergetyce.
3. Obciążenia i rozprędy mocy w sieciach terenowych SN.

4. Badanie efektów wdrażania rozwiązań smart grid oraz taryfy jakościowej na rzeczywistym fragmencie sieci dystrybucyjnej.
5. Opracowanie programu komputerowego wspomagającego analizę ekonomiczną sieci elektroenergetycznych.
6. Opracowanie modelu matematycznego, metody i programu komputerowego do badania rozwoju sieci terenowej SN.
7. Propozycja optymalnej strategii rozwoju sieci terenowych średniego napięcia uwzględniającej nowoczesne rozwiązania techniczne oraz uwarunkowania prawne.

W załączniku 1 Autor zamieścił ogólną charakterystykę taryf jakościowych stosowanych w wybranych krajach na świecie. W załączniku 2 przedstawione zostały prognozy obciążeń dla wybranych stacji elektroenergetycznych, opracowane na podstawie kilku różnych metod badawczych. Z kolei w załączniku 3 zamieszczone zostały wyniki obliczeń rozplływów mocy w sieci testowej po przyłączeniu źródeł wytwórczych o różnych mocach, a także w różnych punktach tejże sieci.

3. Ocena wyboru tematu rozprawy i jej zakresu

Energia elektryczna stanowi podstawę funkcjonowania współczesnych społeczeństw. Nowoczesna, rozwinięta infrastruktura elektroenergetyczna, to jeden z najważniejszych elementów wpływających na rozwój gospodarczy oraz społeczny kraju. Koszty wytworzenia oraz przesyłu energii elektrycznej, a także pewność zasilania energią odbiorców, są czynnikami określającymi w znacznym stopniu konkurencyjność gospodarki i zaspokojenie potrzeb cywilizacyjnych obywateli. W związku z powyższym ważna jest modernizacja oraz rozbudowa sieci elektroenergetycznych i zapewnienie możliwości przyłączania do elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej nowych, bezemisyjnych źródeł energii oraz nowych odbiorców wymagających dużej mocy przyłączeniowej. Niezbędna jest także poprawa jakości dostarczanej energii, w tym poprawa parametrów napięcia oraz minimalizacja liczby oraz czasu trwania przerw w dostawie energii.

Zrównoważony rozwój sieci elektroenergetycznych, w tym sieci dystrybucyjnych, powinien zapewnić:

- zwiększenie elastyczności systemu elektroenergetycznego;
- możliwość magazynowania energii na znaczną skalę;
- możliwość lokalnego bilansowania zapotrzebowania na energię;
- możliwość przyłączania nowych odnawialnych źródeł energii, w tym instalacji fotowoltaicznych;
- minimalizację zasięgu i skutków awarii;
- znaczny rozwój energetyki prosumenckiej;
- możliwość przyłączania nowych odbiorców;
- rozwój nowych gałęzi gospodarki, np. elektromobilności;
- obniżenie kosztów całkowitych wytwarzania oraz przesyłu energii.

Należy oczywiście zdawać sobie sprawę, iż inwestycje w elektroenergetyce mają charakter wieloletni. A więc skutki błędnych decyzji oraz działań będą odczuwalne przez wiele lat. W ostatnim czasie pojawiło się wiele publikacji i opracowań wskazujących na konieczność szybkiego zastąpienia napowietrznych linii elektroenergetycznych średniego i niskiego napięcia liniami kablowymi. Działanie takie ma wpłynąć na znaczne zwiększenie ciągłości zasilania odbiorców z sieci energetyki zawodowej. Pojawia się jednak szereg wątpliwości, czy takie działania są uzasadnione zarówno z technicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia. Krajowy plan skablowania sieci został wdrożony w roku 2018 przez Ministerstwo Energii. Tymczasem po sześciu latach jego realizacji, w styczniu 2024 roku został opublikowany raport NIK, w którym można znaleźć zapis: „Działania

podejmowane przez organy państwa oraz spółki energetyczne nie przyczyniły się w istotny sposób do rozwoju sieci dystrybucyjnej. Mimo realizacji planów rozwoju i ponoszonych nakładów przez spółki, jakość oraz dotychczasowy rozwój sieci dystrybucyjnej nie zapewniły możliwości przyłączenia wszystkich odnawialnych źródeł energii.” Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest fakt, iż do problemu modernizacji sieci elektroenergetycznych należy podchodzić z wykorzystaniem metod analizy wielokryterialnej. Uwzględnienie jednego lub tylko kilku aspektów, może doprowadzić do podjęcia błędnej decyzji. W przytoczonym przykładzie uwzględnia się przede wszystkim kryterium jakim jest poprawa wskaźników SAIDI oraz SAIFI, a więc zwiększenie ciągłości zasilania odbiorców z sieci dystrybucyjnej. Tymczasem już pobieżna analiza problemu wskazuje, iż w planach inwestycyjnych spółek dystrybucyjnych na najbliższe **kilkadziesiąt lat** powinno się uwzględnić z jednakowym priorytetem takie zagadnienia, jak:

- działania zmierzające do ograniczenia strat energii;
- zwiększenie ciągłości zasilania odbiorców z sieci dystrybucyjnych;
- przystosowanie sieci dystrybucyjnych do zwiększenia nasycenia lokalnymi źródłami energii;
- dostosowanie sieci dystrybucyjnych do możliwości bilansowania lokalnego;
- rozbudowa automatyki zabezpieczeniowej oraz sterowniczej, a także wprowadzenie na znacznie większą skalę automatyki rozproszonej i łączników sterowanych w głębi sieci;
- wprowadzenie na szeroką skalę inteligentnych systemów pomiarowych (AMI);
- powszechne wykorzystanie sygnalizatorów przepływu prądu zwarcowego;
- zwiększenie udziału prac pod napięciem, zwłaszcza w sieciach SN;
- rozwój łączności i systemów przesyłania danych w celu niezawodnego sterowania i zarządzania pracą sieci.

Problemy związane z eksploatacją i optymalnym rozwojem sieci dystrybucyjnych zarówno terenowych, jak i miejskich, rozważane były przez profesora Jerzego Marzeckiego z Politechniki Warszawskiej od lat 90-tych XX wieku. W swoich opracowaniach wielokrotnie podkreślał On konieczność realizacji wielu inwestycji, zwłaszcza w sieciach dystrybucyjnych terenowych. Wiele lat temu wskazywał na konieczność zmiany struktury sieci terenowych z promieniowych na promieniowe rezerwowane promieniowo lub też na dwustronnie zasilane, na konieczność skrócenia długości ciągów liniowych SN i nn oraz optymalizację lokalizacji stacji 110kV/SN oraz SN/nn i mocy transformatorów, z uwzględnieniem prognoz zmiany obciążeń. Niestety sugestie te pozostały w dużej mierze niezrealizowane.

Ze względu na ograniczone środki finansowe jakimi dysponują Spółki Dystrybucyjne, pojawia się problem optymalnego wyboru inwestycji do realizacji, których efekty będą największe. Ważne jest, aby brać pod uwagę efekty wieloletnie, a nie natychmiastowe (co jest częstym „grzechem” decydentów). Dlatego też problem poszukiwania coraz lepszych metod wyboru wariantu inwestycyjnego jest aktualny i ważny.

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 (bezpieczeństwo oraz niezawodność eksploatacji sieci elektroenergetycznych, stosowanie rozwiązań proekologicznych). W podrozdziale Cel i teza pracy Autor bardzo szczegółowo i konkretnie uzasadnił przyczynę podjęcia tematu. W znacznym uproszczeniu, problem badawczy polega na wykazaniu, iż wdrażanie rozwiązań typu Smart Grid oraz odpowiednie rozwiązania prawne w postaci taryfy jakościowej pozytywnie wpłyną na ekonomiczną opłacalność inwestycji w terenowych sieciach rozdzielczych SN. Swoje badania Autor przeprowadził na podstawie sieci warszawskiej.

Praca składa się niejako z dwóch części. Pierwsza (Rozdziały od 2 do 4) obejmuje zagadnienia dość dobrze znane, jak charakterystyka sieci dystrybucyjnych energii elektrycznej, prezentacja taryfy jakościowej w elektroenergetyce, analiza rozpliwów mocy w sieciach elektroenergetycznych, metody prognozowania wykorzystywane w elektroenergetyce, czy też metody oceny opłacalności inwestycji najczęściej wykorzystywane do analiz w elektroenergetyce krajowej. Ta część pracy bazuje przede wszystkim na dostępnej literaturze. Część druga (Rozdziały od 5 do 8) obejmuje rozważania własne Autora. W rozdziale 5 znaleźć można wyniki badań efektów wdrażania rozwiązań Smart Grid oraz taryfy jakościowej w przykładowej sieci terenowej SN, w tym przypadku sieci warszawskiej. Rozdział 6 obejmuje prezentację programu komputerowego wspomagającego analizę ekonomiczną inwestycji w sieciach terenowych. Rozdział 7 zawiera model matematyczny oraz metodę badania możliwych wariantów rozwoju sieci terenowych. Ze względu na znaczny stopień skomplikowania metody oraz modelu matematycznego, w celach użytkowych zostały one zaimplementowane w zrealizowanym programie komputerowym. Wreszcie w rozdziale 8 Autor zamieścił propozycję optymalnej strategii rozwoju sieci terenowych SN z uwzględnieniem nowoczesnych rozwiązań technicznych oraz uwarunkowań prawnych.

Uważam, iż tematyka pracy jest istotna zarówno w wymiarze badawczo – naukowym, jak i użytkowym. Mimo dużej różnorodności opracowań naukowych z tego zakresu, wciąż poszukuje się lepszych i bardziej ekonomicznych rozwiązań w zakresie poprawy jakości oraz stabilności pracy sieci dystrybucyjnych energii elektrycznej. Szczególne miejsce w tym zakresie zajmują nowe metody wielokryterialnego wyboru wariantu inwestycyjnego, który przy ograniczonych nakładach finansowych pozwoli na uzyskanie najlepszego efektu w postaci poprawy stanu technicznego i jakości pracy sieci elektroenergetycznych.

Autor na podstawie przeprowadzonej analizy literatury oraz po uwzględnieniu wyników wstępnych analiz postawił w swojej rozprawie tezę: „Rozwój automatyzacji przełączeń i zdalnego sterowania związany z wdrażaną koncepcją sieci typu Smart Grid oraz wprowadzenie taryfy jakościowej spowoduje wzrost ekonomicznej opłacalności inwestycji w terenowe sieci średniego napięcia oraz wpłynie na zmianę struktury i strategii rozwoju tych sieci”. Jako cele cząstkowe badań wskazał:

1. analizę metod prognozowania obciążeń terenowych stacji SN/nn;
2. analizę metod wyznaczania rozpliwów mocy i prądów w sieciach SN;
3. analizę metod odwzorowania numerycznego sieci rozdzielczych do celów wyznaczania rozpliwów mocy;
4. analizę wpływu generacji rozproszonej na sieci terenowe SN;
5. analizę wpływu rozwiązań Smart Grid na sieci terenowe SN;
6. przegląd i analizę stosowanych na świecie rozwiązań taryf jakościowych;
7. realizację sieci testowej opartej na fragmencie sieci dystrybucyjnej SN jednego z polskich OSD;
8. opracowanie metody analizy rozpliwu mocy i prądów w otwartej sieci terenowej SN;
9. opracowanie modelu matematycznego oraz komputerowego dla fragmentu rzeczywistej sieci SN;
10. opracowanie programu komputerowego wspomagającego planowanie rozwoju sieci SN;
11. wykonanie przykładowych obliczeń technicznych i ekonomicznych dla fragmentu rzeczywistej sieci terenowej SN.

Jest to precyzyjne przedstawienie celu pracy i problemu, który Autor postanowił rozwiązać. Informuje dokładnie o zamierzeniach Autora.

Podsumowując. Postawiony problem badawczy, teza oraz cele pracy są spójne i uzasadnione aktualnym stanem wiedzy oraz potrzebami elektroenergetyki, a także wpisują się w bieżące uwarunkowania funkcjonowania sektora elektroenergetycznego w Polsce.

4. Dobór metod badawczych

Do rozwiązania postawionego problemu Autor zaproponował połączenie trzech metod badawczych. Jako pierwszą wykorzystał metodę analizy i krytyki piśmiennictwa (kwerendę biblioteczną). Na jej podstawie określił aktualny stan wiedzy oraz wskazał w jakim zakresie podjęty problem jest inny od dotychczas znanych opracowań naukowych. W kolejnym kroku wykorzystał metodę statystyczną. Dla rozważanej sieci dystrybucyjnej (tutaj terenowa sieć dystrybucyjna miasta Warszawy) określił wskaźniki jakościowe, w tym przede wszystkim wskaźniki SAIDI i SAIFI. W ostatnim etapie prowadzenia badań wykorzystał metodę modelowania komputerowego. 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 programie napisanym w języku programowania C++, który został skompilowany na platformę Mac OS. W wybranych fragmentach przeprowadzanych badań posiłkował się także programem MS Excel.

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

5. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Recenzowana rozprawa jest pracą o dobrym poziomie merytorycznym. Autor wykazał, że posiada umiejętność: formułowania i rozwiązywania problemów naukowych, przyjmowania uzasadnionych założeń i stawiania tez, wykorzystywania i rozwijania właściwych podejść metodycznych, rozwiązywania postawionych zadań oraz przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów. Co prawda praca jest nieco chaotyczna i trzeba się bardzo koncentrować, aby nie zgubić głównego wątku, przy dużej liczbie różnych analiz oraz dygresji wplatanych przez Autora, niemniej podkreślić należy, iż wykonał on mnóstwo pracy, realizując dysertację i zrealizował konkretną pracę badawczą. Śledząc drogę rozwoju oraz publikacje Doktoranta można wnioskować o Jego samodzielności i inicjatywie w podejmowaniu trudnych zadań. Na szczególną uwagę zasługuje dobry poziom prowadzonych rozważań, co dobrze rokuje Jego karierze naukowej i zawodowej.

6. Strona redakcyjna rozprawy

Praca ma postać książki i jest zredagowana oraz wydana w sposób dość staranny. Niestety zdarzają się w niej dość liczne błędy stylistyczne oraz językowe, a także ortograficzne. Pojawiają się także błędy formatowania. Poniżej wymienię jedynie najistotniejsze:

- W pracy występuje co najmniej pięć różnych wcięć akapitowych. Tymczasem zgodnie z zasadą jednorodności stylu w całej pracy powinien być tylko jeden rozmiar wcięcia tekstu. Przykładem jest strona 19, gdzie od innego wcięcia

- zaczynają się tytuły rozdziałów i podrozdziałów, od innego tekstu głównego, od innego wypunktowania, a jeszcze od innego podpisu rysunku. Także ostatni akapit na ww. stronie zaczyna się od lewego marginesu, mimo iż wcześniejsze zaczynają się wcięciem akapitowym.
- Symbole zmiennych wykorzystywanych przez Autora powinny być pisane według jednakowego wzorca. Co wynika z wspomnianej już zasady jednorodności stylu. Jeżeli więc we wzorach zmienne pisane są czcionką pochyłą (kursywą), to w sposób analogiczny powinny być pisane w tekście, czy na rysunkach. Tak niestety nie jest. Przykładowo na stronie 31 Autor we wzorze pisze U_G oraz Q_G , natomiast w tekście te same zmienne mają postać U_G oraz Q_G . Analogicznych sytuacji jest w pracy dość dużo.
 - W całej pracy Doktorant stosuje akronim „nN” do oznaczenia napięcia niskiego. Prawidłowe oznaczenie napięcia niskiego to dwie małe litery n, czyli akronim „nn”. Wnika to z informacji zawartych w słowniku IEV (IEV ref 601-01-26), a także w polskiej normie PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych;
 - Opisy na rysunkach pisane są zbyt małą czcionką, co powoduje, że stają się w wielu przypadkach nieczytelne (np. rysunki 3.1 – 3.9, 3.11, 3.12, 3.14, 4.2, 5.1, 5.2). Pojawiają się nie tylko trudności z rozróżnieniem kilku wykresów, ale także z odczytaniem wartości z osi liczbowych;
 - Autor nie odmienia końcówek wyrazu Tabela. W pracy wielokrotnie jest napisane „w Tabela”, zamiast „w Tabeli” (np. str. 42, 58, 77 i inne);
 - W pracy Doktorant wielokrotnie używa pojęcia „metodologia”, zamiast „metodyka” lub po prostu „metoda” (np. tylko na stronie 122 zwrot ten pojawił się cztery razy, str. 127 i inne). Zgodnie ze Słownikiem języka polskiego metodologia to „nauka o metodach badań naukowych stosowanych w danej dziedzinie wiedzy”, natomiast „metodyka” to „zbiór zasad dotyczących sposobów wykonywania jakiejś pracy”. We wszystkich przypadkach, o czym można wnioskować z kontekstu, Doktorant ma na myśli „zbiór zasad”, a więc powinien napisać „metoda” lub „metodyka”.
 - str. 9, wers 1 od góry, tytuł „Spis treści” napisany jest od marginesu. Wszystkie inne tytuły pisane są od wcięcia akapitowego;
 - str. 14, wers 12 od góry, jest „zrealizowano następujące zagadnienia:”, powinno być „zrealizowano następujące zadania”. Według słownika PWN zrealizować, to inaczej urzeczywistnić, ziścić, spełnić, wykonać, wprowadzić w życie. Nie można „wykonać zagadnień”;
 - str. 14, wers 10 od dołu, jest „...metody rozplywu mocy i prądów...”, powinno być „...metody analizy rozplywu mocy i prądów ...” lub „...metody obliczania rozplywu mocy i prądów ...”;
 - str. 15, wers 1 od góry, jest „...dodatnio wpłynie na...”. Ponieważ są dwa czynniki, które mogą wpływać, mamy do czynienia z liczbą mnogą, a więc powinno być „...dodatnio wpłyną na...”;
 - str. 15, wers 2 od góry, jest „...spełnienie powyższego warunku...”. W mojej opinii w części poprzedzającej wskazany fragment tekstu, nie ma mowy o żadnych warunkach, a omawiane są jedynie możliwe do wprowadzenia rozwiązania. Stąd poprawny zapis mógłby brzmieć „...wprowadzenie powyższych rozwiązań...”;
 - str. 15, wers 5 od góry, jest „...przegląd potrzeb rozwojowych sieci terenowych oraz stan realizacji...”, powinno być „...przegląd potrzeb rozwojowych sieci terenowych oraz stanu realizacji...”;

- str. 16, wers 11 od dołu, jest „Wskazana na istotny...”, powinno być „Wskazano na istotny...”;
- str. 16, wers 1 od dołu, jest „...szczegółowo przedstawia dwie takie funkcje tj. wykrywanie zwarć, regulacji napięcia.”, powinno być „...szczegółowo przedstawia dwie takie funkcje tj. wykrywanie zwarć i regulację napięcia.”;
- str. 17, wers 8 od dołu, jest „...w celu wykorzystania definicji stosownych w naukach ekonomicznych...”, powinno być „...w celu wykorzystania definicji stosowanych w naukach ekonomicznych...”;
- str. 19, wers 4 od góry, jest „...wykorzystano autorski model sieci zbudowany w oparciu opisane w niniejszej pracy rozwiązania...”, powinno być „...wykorzystano autorski model sieci zbudowany w oparciu o opisane w niniejszej pracy rozwiązania...” lub „...wykorzystano autorski model sieci bazujący na opisanych w niniejszej pracy rozwiązaniach...”;
- str. 26, wers 5 od dołu, jest „Inteligencja sieci polegać ma w tym przypadku polegać na takiej analizie...”, powinno być „Inteligencja sieci polegać ma w tym przypadku na takiej analizie...”;
- Dlaczego objaśnienia zmiennych pod wzorami pisane są tak małą czcionką? W mojej opinii powinny być pisane czcionką o rozmiarze analogicznym jak czcionka tekstu głównego pracy.
- str. 41, wers 2 od góry, jest „...wskaźników niezawodnościowych...”, powinno być „...wskaźników niezawodnościowych...”;
- str. 47, wers 1 od góry, jest „Efekty finansowe zostaną regulacji jakościowej w latach 2016-2020 zostaną uwzględnione w przychodzie...”, powinno być „Efekty finansowe regulacji jakościowej w latach 2016-2020 zostaną uwzględnione w przychodzie...”;
- str. 54, wers 4 od góry, jest „W skutek...”, powinno być „Wskutek...”;
- str. 61, wers 3 od góry, jest „...rozwój infrastruktury sieciowej m.in. poprzez... wymiany transformatorów...”, powinno być „...rozwój infrastruktury sieciowej m.in. poprzez... wymianę transformatorów...”;
- str. 61, wers 6 od dołu, jest „Zapotrzebowania na energię elektryczną, w zależności...”, powinno być „Prognozowanie zapotrzebowania na energię elektryczną, w zależności...”;
- str. 63, wers 5 od dołu, jest „Prognozy w oparte o model...”, powinno być „Prognozy oparte o model...”;
- str. 73, wers 3 od góry, jest „W metodzie kosztów rocznych tej zakłada się...”, powinno być „W metodzie kosztów rocznych zakłada się...”;
- str. 76, wers 14 od dołu, jest „...zasilane w 3 GPZ-ów.”, powinno być „...zasilane z 3 GPZ-ów.”;
- str. 85, wers 9 od góry, jest „Główną przyczyną powyższego stanu rzeczy jest fakt, są awarie linii...”, powinno być „Główną przyczyną powyższego stanu rzeczy są awarie linii...”;
- str. 87, wers 3 od góry, jest „...biorąc po uwagę jedynie...”, powinno być „...biorąc pod uwagę jedynie...”;
- str. 87, wers 6 od góry oraz wers 5 od dołu, jest „Poszczególne koszty roczne...”, powinno być „Poszczególne koszty roczne...”;
- str. 89, wers 14 od góry, jest „Poszczególne koszty roczne...”, powinno być „Poszczególne koszty roczne...”;

- str. 90, wers 3 od góry oraz wers 9 od dołu, jest „Poszczególne koszty roczne...”, powinno być „Poszczególne koszty roczne...”;
- str. 92, wers 4 od dołu, jest „Jednak z uwagi wykazaną...”, powinno być „Jednak z uwagi na wykazaną...”;
- str. 95, Po tytule podrozdziału 6.3 zamieszczone zostały od razu rysunki 6.1 i 6.2. Nie ma do nich żadnego komentarza, czy wprowadzenia. Dobrą praktyką prac naukowych jest, aby przed rysunkiem lub tabelą znalazł się komentarz informujący o treści rysunku lub zawartości tabeli;
- str. 97, wers 3 od góry, jest „...lub jej uwzględnieni.”, powinno być „...lub jej uwzględnienie.”;
- str. 102, wers 3 od góry, jest „...plan roczny sporządzany jest dla roku n+1 sporządzany jest wraz z coroczną aktualizacją planów...”, powinno być „...plan roczny sporządzany jest dla roku n+1 wraz z coroczną aktualizacją planów...”;
- str. 105, wers 1 od góry, jest „Opracowanie autorskiej metody rozplywu mocy i prądów...”, powinno być „Opracowanie autorskiej metody analizy rozplywu mocy i prądów...” lub „Opracowanie autorskiej metody obliczania rozplywu mocy i prądów...”;
- str. 111, wers 15 od dołu, jest „Wydział Elektroniki, Automatyki i Informatyki”, powinno być „Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki”;
- str. 119, wers 16 od góry, jest „...poprzez swoją konstrukcję stwarza zachęca operatorów do...”, powinno być „...poprzez swoją konstrukcję zachęca operatorów do...” lub „...poprzez swoją konstrukcję stwarza zachętę dla operatorów do...”;
- str. 121, wers 1 od góry, jest „Każdego roku Każdego roku Ofgem przelicza...”, powinno być „Każdego roku Ofgem przelicza...”;
- str. 123, wers 18 od dołu, jest „W Operatorzy mogą uwzględniać w WRA tylko te inwestycje...”, powinno być „W WRA operatorzy mogą uwzględniać tylko te inwestycje...”;
- str. 124, wers 6 od dołu, jest „Decyzje taryfowe przyjmują odpowiednią decyzję dotyczącą wyjściowego współczynnika x...”. W tym przypadku nie wiem co Autor chciał wyrazić. W zależności od kontekstu to zdanie może przyjąć różne formy;
- str. 129, wers 9 od dołu, jest „...ponieważ nie potwierdzono oczekiwanych analizach ex-ante korzyści.”, powinno być „...ponieważ nie potwierdzono oczekiwanych na podstawie analiz ex-ante korzyści.”;
- str. 132, wers 16 od dołu, jest „...dotyczących... zbycie majątku w okresie regulacyjnym...”, powinno być „...dotyczących... zbycia majątku w okresie regulacyjnym...”;
- str. 133, wers 9 od góry, jest „OSD przekazuję do Ei...”, powinno być „OSD przekazuje do Ei...”.
- W Bibliografii nie jest zachowana jednorodność stylu. Raz podawane jest całe imię autora publikacji (np. Kowalska-Pyzalska Anna), a raz tylko pierwsza litera imienia. Tytuły publikacji i artykułów pisane są najczęściej bez cudzysłowu, ale wybrane są w cudzysłowie (np. [41], [96], [112]).

Jak już wspomniano, rozprawa doktorska zawiera wykaz literatury liczący 127 pozycji. Uważam, iż jest to znaczna liczba publikacji. Pozytywnie wypada także ocena jakościowa źródeł. Znaczną część publikacji stanowią materiały anglojęzyczne (około 9%), co sugeruje, iż Autor dokonał bardzo dokładnej kwerendy bibliotecznej obejmującej publikacje krajowe, ale także międzynarodowe. Oczywiście dominują publikacje w języku polskim, co jest uzasadnione tematem oraz zakresem prowadzonych badań. Przedstawione pozycje literaturowe pochodzą w większości z ostatnich dziesięciu lat oraz są poprawnie

dobrane do tematyki pracy. Są one cytowane w sposób prawidłowy, we właściwych miejscach rozprawy.

7. Uwagi szczegółowe i krytyczne

W ocenianej pracy doktorskiej zauważyć można systematyczne podejście do tematyki rozprawy. Autor stopniowo wprowadza czytelnika w tematykę pracy, rozpoczynając od informacji podstawowych (ogólne informacje o sieciach elektroenergetycznych, opis taryfy jakościowej, opis metod obliczania rozptyłu mocy, opis metod prognozowania obciążeń), poprzez opis przyjętej metody badawczej, a skończywszy na opisie własnych badań. Oceniając pozytywnie rozprawę doktorską oraz zaprezentowane w niej wyniki, chciałbym zwrócić uwagę na kwestie dyskusyjne oraz mankamenty:

1. Na stronie 13 rozprawy znaleźć można zapis: „Planowanie rozwoju sieci dystrybucyjnych jest szczególnie trudne z punktu widzenia OSD, ponieważ inwestycje te cechuje bardzo duża kapitałochłonność, a zwrot z inwestycji następuje w bardzo długim okresie czasu. Dodając do tego ciągle zmieniające się uwarunkowania techniczne oraz prawne otrzymujemy zadanie o wybitnie złożonym charakterze, którego realizacja obarczona jest wysokim ryzykiem.” Trudno nie zgodzić się z przytoczonymi argumentami. Czy jednak Autor nie uważa, że bardzo ważnym, jeżeli nie podstawowym, aspektem wpływającym na brak efektów inwestycji w elektroenergetyce jest brak spójnej strategii rozwoju sieci dystrybucyjnych w długim horyzoncie czasowym? Realizowane są jakieś wycinkowe inwestycje, które przy znacznych nakładach finansowych nie mają większego wpływu na funkcjonowanie całości sieci (marnotrawstwo kapitału). Taką hipotezę potwierdza przytoczony już w recenzji fragment raportu NIK, który stwierdza, że mimo znacznych nakładów finansowych brak jest widocznych efektów w jakości funkcjonowania sieci elektroenergetycznych dystrybucyjnych.
2. Na stronie 13 rozprawy można znaleźć także zapis: „W pracy tej autor chce wykazać, że nowoczesne rozwiązania techniczne oraz odpowiednie uwarunkowania prawne stwarzają szansę na poprawę ekonomicznej efektywności inwestycji w terenowe sieci średniego napięcia.” Sieci dystrybucyjne terenowe charakteryzują się między innymi dużą rozległością oraz relatywnie małą gęstością obciążenia elektrycznego. Skutkuje to bardzo niewielkim zwrotem kosztów inwestycji w nowe sieci terenowe, a w skrajnych przypadkach jest to inwestycja, która nigdy się nie zwróci. Czy Autor pisząc powyższy fragment miał na myśli konkretne rozwiązania techniczne, które w znaczący sposób przyczynią się do poprawy efektywności ekonomicznej sieci? Jeżeli tak, to jakie? Czy może Autorowi chodziło o system kar za niedotrzymanie standardów jakościowych, które spowodowałyby, że Operator systemu dystrybucyjnego będzie wolał inwestować w rozwój sieci, zamiast płacić kary? W pierwszym przypadku mamy do czynienia z rzeczywistą poprawą efektywności ekonomicznej sieci dystrybucyjnych, a w drugim jest to jedynie poprawa teoretyczna wynikająca z obowiązyującego systemu kar.
3. W tezie pracy Autor napisał, iż: „wprowadzenie taryfy jakościowej spowoduje wzrost ekonomicznej opłacalności inwestycji w terenowe sieci średniego napięcia”. W nawiązaniu do uwagi poprzedniej, należy stwierdzić, iż wzrost ten jest skutkiem wprowadzonego systemu nagród i kar dla Operatora systemu dystrybucyjnego i ma charakter organizacyjny a nie techniczny. Bez zmiany uwarunkowań technicznych sieci dystrybucyjnych (struktura sieci, wyposażenie w urządzenia kontrolne i sterownicze, itp.) pozostaną one nadal sieciami o bardzo

słabych wskaźnikach ekonomicznych. Czy ten system nagród i kar da jakieś większe efekty w przyszłości? Zobaczymy. Na razie mimo znacznych nakładów finansowych na inwestycje, efekt jest niewielki.

4. W podrozdziale 2.7 Autor dokonał analizy wpływu przyłączania generacji rozproszonej na sieci terenowe średniego napięcia. Aktualnie Operatorzy systemów dystrybucyjnych mają znacznie większe problemy z odnawialnymi źródłami energii przyłączonymi do sieci niskiego napięcia. Źródła te wpływają na zmianę rozprywu mocy także w sieciach SN. W wybranych przypadkach istnieje także konieczność wymiany transformatorów SN/nn. Autor pomija problem wpływu źródeł przyłączonych do sieci nn na sieć SN. Czy Autor nie uważa, że elementy takiej analizy także powinny znaleźć się w pracy?
5. Na stronie 15 Autor wspomina, iż rozwiązaniem szczególnie korzystnym dla rozwoju sieci terenowych jest powszechne wykorzystanie układów automatycznej lokalizacji awarii. Czy w opinii Autora wdrożenie tego typu złożonych i kosztownych układów jest w najbliższym czasie realne, skoro nawet najtańsze i najprostsze wskaźniki przepływu prądu zwarciovego są w sieciach dystrybucyjnych terenowych rzadkością?
6. W ocenianej pracy Autor przedstawił rozważania i analizy bazujące na przykładowej rzeczywistej sieci dystrybucyjnej terenowej SN. Jako sieć testową wykorzystał sieć dystrybucyjną Spółki Stoen Operator. W mojej opinii nie jest to najlepszy wybór. Nawet sieć peryferyjna Aglomeracji Warszawskiej nie odzwierciedla w pełni cech terenowej sieci dystrybucyjnej. Główne podobieństwo opiera się na powszechnym wykorzystaniu w tych układach linii napowietrznych z przewodami nieizolowanymi (gołymi). Trudno jednak porównywać rozległość tych sieci, ich gęstość obciążenia, straty mocy i energii, itp., a więc finalnie ekonomikę z tymi parametrami dla sieciami terenów rolniczych województwa świętokrzyskiego, lubelskiego, czy też podkarpackiego. Także możliwości ewentualnego rezerwowania odbiorców, są znacznie większe w pobliżu dużych aglomeracji niż w głębi sieci terenowej. Proszę Autora o komentarz, czy w jego opinii uzyskane w pracy wyniki można wprost przenieść na sieci terenowe oddalone znacznie od dużych miast.
7. W rozdziale 2.2 Autor zamieścił charakterystykę terenowych sieci elektroenergetycznych. Charakterystyka ta jest dość uboga. Podane zostały tylko podstawowe informacje statystyczne o długościach linii, ilości i mocy transformatorów, zajmowanym terenie oraz liczbie obsługiwanych odbiorców. Brak jest informacji o rozwiązaniach technicznych i technologicznych wykorzystywanych w tych sieciach. Brak jest informacji o średniówkach charakteryzujących te sieci, np. średniej rocznej energii sprzedanej jednemu odbiorcy. Ciekawe mogłoby być także porównanie tych wskaźników ze wskaźnikami dla sieci dystrybucyjnych miejskich.
8. Na stronie 22 Autor napisał: „Znaczna część infrastruktury dystrybucyjnej jest starsza niż ekonomiczny okres eksploatacji wynoszący 40 lat.” W jaki sposób Autor uzyskał wartość 40 lat? Dla jakich urządzeń ta wartość została wyznaczona? Ekonomiczny okres eksploatacji jest różny dla różnych urządzeń i obiektów elektroenergetycznych. Jest to bowiem czas, po którym urządzenie lub obiekt osiąga minimum całkowitych kosztów jednostkowych (nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji, koszty zawodnościowe). Jako całkowite koszty jednostkowe przyjmuje się zazwyczaj równoważne koszty roczne. Wzrost rocznych kosztów eksploatacji obiektu lub urządzenia po przekroczeniu przez nie ekonomicznego okresu eksploatacji jest bodźcem do jego wymiany na nowe.

9. W wielu opracowaniach znaleźć można informację, iż sieci dystrybucyjne terenowe mają niekorzystną strukturę wiekową. Taka informacja pojawia się również w recenzowanym opracowaniu. Powstaje jednak pytanie. Czy struktura wiekowa sama w sobie koreluje bezpośrednio ze stanem sieci elektroenergetycznej? Znane są przypadki, gdy zastosowanie nowych rozwiązań technicznych w miejsce istniejących pogorszyło stan sieci (np. wymiana izolatorów liniowych SN LSD (bezawaryjne) na LSP (bardzo awaryjne)). Czy w opinii Autora planowa wymiana urządzeń, które przekroczyły określoną liczbę lat eksploatacji jest uzasadniona? Czy nie lepiej, aby poszczególni Operatorzy systemów dystrybucyjnych poprzez wnikliwą analizę pracy poszczególnych urządzeń decydowali o konieczności wymiany lub jej braku?
10. Na stronie 23 Autor zamieścił akapit: „powyższa analiza wskazuje, że potrzeby na modernizację i rozwój sieci terenowych zwiększają się. Jest to spowodowane tym, że spółki dystrybucyjne nigdy nie zainwestowały w sieci terenowe kwot wynikających z powyższych analiz.” Obliczenia Autora bazują na założeniu, iż należy pozbyć się urządzeń i obiektów elektroenergetycznych starszych niż czterdziestoletnie. Jak już pisałem wcześniej mam wątpliwości, co do tak precyzyjnej granicy wiekowej eksploatacji obiektów elektroenergetycznych. Ponadto, skoro Autor dostrzegł, iż „potrzeby na modernizację i rozwój sieci terenowych zwiększają się”, czy uważa, że nadejdzie taki moment, w którym Operatorów systemów dystrybucyjnych będzie stać na wymianę „starej” infrastruktury i jednocześnie wprowadzanie nowych technologii i unowocześnienie sieci dystrybucyjnych terenowych?
11. Dane dotyczące RZE, zamieszczone na stronie 28, są nieaktualne. Pochodzą z lat 2010 – 2012. Rozwój RZE w ostatnich latach jest bardzo dynamiczny i przez dwanaście lat zaszły w tym zakresie znaczne zmiany.
12. Na rysunku 2.13 powrót do kroku 2 powinien być po kroku 5a, a nie po 4c.
13. str. 55, zależności od (3.11) do (3.14). Co oznacza symbol *. Autor używa zamiennie symboli z gwiazdką oraz bez niej, nie wyjaśniając czym te symbole się różnią. Mamy więc R oraz R^* , mamy K oraz K^* . Proszę o komentarz;
14. W rozdziale 4.4 Autor jest nieprecyzyjny w swoich wywodach. W sposób dość chaotyczny, w zasadzie zamiennie, używa pojęć koszty stałe, koszty zmienne i koszty zawodnościowe, po czym bez żadnego komentarza przechodzi do pojęć kosztów inwestycyjnych oraz kosztów zawodnościowych. Oczywiście są to zagadnienia dość dobrze znane, ale dla jasności wyводу Autor mógł nieco więcej miejsca poświęcić zagadnieniom kosztowym, zwłaszcza w podrozdziale 4.4.1.
15. Na stronie 76 znajduje się zapis: „• Czas użytkowania mocy szczytowej $\tau = 3\,500$ h.”. Czas użytkowania mocy szczytowej oznacza się zazwyczaj symbolem T_s . Symbol τ oznacza najczęściej czas trwania maksymalnych strat obciążeniowych. Bardzo proszę Autora o wyjaśnienie, który z tych czasów wynosi 3500h?
16. Jako jedno z kryteriów oceny efektywności ekonomicznej Autor przyjął „koszt roczny liczony zgodnie z zależnością (4.21) $> \min K_r$ ”. Dlaczego koszt roczny będący sumą kosztów stałych, kosztów zmiennych oraz kosztów zawodnościowych ma być większy od pewnej wartości granicznej (minimalnej), a nie mniejszy niż pewna wartość krytyczna, którą jesteśmy w stanie zaakceptować ($\max K_r$)?
17. W podrozdziale 5.3 Autor nie precyzuje, które koszty zostały zaliczone do kosztów stałych oraz do kosztów zmiennych. Niniejsza uwaga jest niejako kontynuacją uwagi 14.

18. W podrozdziale 4.4 Autor omawia różne metody analizy ekonomicznej inwestycji. Nie wspomina wcale o metodzie wewnętrznej stopy zwrotu (Internal Rate of Return – IRR). Tymczasem w podrozdziale 5.3 podaje dla poszczególnych wariantów wartość wskaźnika IRR.
19. Analizując wyniki pracy badawczej Doktoranta, przedstawione na stronach 85-88, stwierdziłem, że pokrywają się one z wynikami moich analiz dotyczących wyboru optymalnej konstrukcji linii SN¹. Wbrew aktualnie głoszonemu poglądom, uważam, że to linie niepełnoizolowane w systemie PAS, a nie linie kablowe, powinny sukcesywnie zastępować linie z przewodami nieizolowanymi. Tylko w szczególnych przypadkach linie średniego napięcia w sieciach terenowych należy skablować. Jaka jest opinia Doktoranta w tej kwestii?
20. W analizach dotyczących różnych wariantów modernizacyjnych sieci Autor otrzymał dodatnie oraz ujemne wartości NPV oraz IRR. Bardzo proszę o nieco dokładniejszą interpretację tych wskaźników niż tylko „Analizowany wariant jest ekonomicznie efektywny.” lub „Analizowany wariant nie jest ekonomicznie efektywny.”.
21. Na stronie 91 Autor napisał: „...jedynie Wariant 1A osiągnął dodatnią wartość NPV...”. Tymczasem dodatnią wartość NPV mają warianty 1A oraz 1B.
22. Moje wątpliwości budzi zależność (6.3) wyrażająca roczne straty energii w i -tym węźle, a w zasadzie objaśnienie zmiennych do tej zależności (zależność sama w sobie jest poprawna). W tym przypadku S_{Ti} wyraża nie obciążenie i -tego węzła (jak wyjaśnia Autor), które można traktować jako dowolne obciążenie chwilowe, ale roczne obciążenie szczytowe i -tego węzła. Druga kwestia pojawiła się już w niniejszej recenzji w uwadze 15. Aby zależność (6.3) była poprawna mnożymy szczytowe (maksymalne) straty mocy przez czas trwania maksymalnych strat obciążeniowych τ . Tymczasem Autor w objaśnieniu do tej zależności pisze o czasie użytkowania mocy szczytowej. Powinno być: τ - czas trwania maksymalnych strat obciążeniowych w roku.
23. We Wnioskach na stronie 105 Autor przedstawił konkluzję dotyczącą przyczyn wysokich wartości wskaźników SAIDI oraz SAIFI. Stwierdził, że: „Jedną z metod ograniczania nieplanowanych przerw jest kablowanie sieci, co z uwagi na koszty nie jest w sieciach terenowych powszechnie stosowane.” Jest to uwaga bardzo słuszna. Bardzo proszę o opinię Autora, czy nie lepszym rozwiązaniem (bo na pewno znacznie tańszym!) byłoby zastąpienie linii napowietrznych z przewodami nieizolowanymi liniami z przewodami niepełnoizolowanymi, przy jednoczesnej zmianie konfiguracji sieci z promieniowych nierezerwowanych (w głębi sieci dystrybucyjnych terenowych ta struktura dominuje!), na promieniowe rezerwowane lub dwustronnie zasilane? Ta uwaga jest kontynuacją uwagi 19.
24. Wniosek 7 zamieszczony na stronie 106 uważam za bardzo istotny. Niestety Operatorzy systemów dystrybucyjnych nagminnie te fakty ignorują, ulegając różnego rodzaju modom i trendom, jak chociażby wspomniane już wielokrotnie kablowanie sieci dystrybucyjnych. Czy maksymalizacja automatyzacji sieci dystrybucyjnych terenowych, przy założeniu zmiany ich konfiguracji, nie jest lepszą długoterminową strategią rozwoju sieci niż samo ich kablowanie? Oczywiście kablowanie sieci jako proces współbieżny z innymi działaniami modernizacyjnymi jak najbardziej akceptuję. Co Autor sądzi w tym temacie?

¹ Chojnacki A., Kablowanie sieci dystrybucyjnych średniego i niskiego napięcia jako metoda zwiększania niezawodności zasilania odbiorców energią elektryczną. Elektro Info Nr 12/2019, s. 61-65, Chojnacki A., Właściwości oraz parametry niezawodnościowe napowietrznych linii dystrybucyjnych 110 kV, SN oraz nn – analiza porównawcza, Bezpieczeństwo elektryczne, ISBN: 978-83-7493-252-3, Wrocław 2023

25. Uważam, że Autor zamieścił w pracy nieco za mało informacji o zrealizowanych programach komputerowych. Poza ogólnymi informacjami o środowisku programistycznym oraz diagramów strukturalnych, brak jest dokładniejszych informacji o metodyce ich działania, fragmentów kodów źródłowych, itp.
26. W załączniku nr 1 Autor dokonał przeglądu taryf jakościowych stosowanych w innych krajach na świecie. Jest to bardzo ciekawa i integralna część pracy. Szkoda, że Autor nie zamieścił w niej dodatkowo analizy konkretnych działań, rozwiązań oraz konkretnych technologii stosowanych przez operatorów systemów dystrybucyjnych w poszczególnych krajach w celu poprawy funkcjonowania sieci elektroenergetycznych. Myślę, że taka analiza byłaby bardzo ciekawa.

Autor rozprawy zrealizował obszerną pracę badawczą. Jej wykonanie wymagało znacznych umiejętności badawczych i organizacyjnych. 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.**

8. 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 (Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne) zaliczam przede wszystkim:

- analizę różnych metod prognozowania, pod kątem ich wykorzystania do prognozowania obciążeń terenowych stacji SN/nn oraz wyznaczania rozpyływów mocy i prądów w sieci SN;
- wykonanie prognoz obciążeń szczytowych terenowych stacji SN/nn przy wykorzystaniu czterech metod, tj.: regresji liniowej, trendu pełzającego, Holta oraz Prigogine'a;
- przegląd oraz analizę stosowanych na świecie rozwiązań taryf jakościowych;
- analizę wpływu źródeł rozproszonych, rozwiązań Smart Grid oraz regulacji jakościowej na rozwój dystrybucyjnych sieci terenowych;
- opracowanie własnej metody obliczania rozpyływu mocy i prądów w otwartej sieci terenowej SN;
- realizację sieci testowej bazującej na fragmencie rzeczywistej sieci dystrybucyjnej SN jednego z polskich OSD;
- realizację odwzorowania numerycznego sieci testowej do celów wyznaczania rozpyływów mocy i obliczeń ekonomicznych;
- opracowanie autorskiego programu komputerowego wspomagającego obliczenia związane z planowaniem rozwoju sieci SN;
- realizację autorskiego modelu matematycznego oraz programu komputerowego do badania rozwoju sieci terenowej SN;
- zdefiniowanie autorskiej, optymalnej strategii rozwoju sieci terenowych SN.

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. Wszystkie cele pracy zostały osiągnięte.

Na podstawie powyższych rozważań stwierdzam, iż w mojej ocenie recenzowana praca spełnia 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, Dz. U. z 2016 r. poz. 882, Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) – ustawa znowelizowana) w związku z art. 179 ust. 1 i ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.), a także Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668) w zakresie dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne (zawierającej dyscyplinę elektrotechnika). **Wnioskuje o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.**

Chyński A.G.