

Częstochowa, dn. 24.07.2020 r.

**Dr hab. inż. Janusz Sowiński, profesor uczelni**

Katedra Elektroenergetyki  
Wydział Elektryczny  
Politechnika Częstochowska  
Al. Armii Krajowej 17  
42-200 Częstochowa  
Tel. 34 - 32 50 887, kom: 726 660 119  
e-mail: [jansow@el.pcz.czest.pl](mailto:jansow@el.pcz.czest.pl)

**Adres prywatny:**

Ul. Kilińskiego 148 m.2  
42-218 Częstochowa  
Tel. 34 – 36 32 643, kom: 693 610 559

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika**

Pana mgra inż. Wojciecha Nity

*Optymalne planowanie przebudowy elektroenergetycznych terenowych sieci dystrybucyjnych  
SN za pomocą metod ewolucyjnych*

Promotor: Dr hab. inż. Sylwester Filipiak, prof. PŚk

## **1. Podstawa formalna recenzji**

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej, wykonanej na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej pod kierunkiem dra hab. inż. Sylwestera Filipiaka, prof. PŚk jest pismo o symbolu nr sprawy EA-510-02/19 Dyrektora Naukowego Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Świętokrzyskiej Dr. hab. inż. Romana Stanisława Deniziaka, prof. PŚk informującego o powołaniu mnie przez Senat Politechniki Świętokrzyskiej Uchwałą Nr 349/20 z dnia 20 maja 2020 r. na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Nity w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Optymalne planowanie przebudowy elektroenergetycznych terenowych sieci dystrybucyjnych SN za pomocą metod ewolucyjnych*.

## **2. Zagadnienie naukowe i jego sformułowanie**

### ***Ogólna charakterystyka rozprawy***

Podstawowe zagadnienia rozprawy wpisują się w dziedzinę nauk technicznych, w **dyscyplinę elektrotechnika (obecna nazwa dyscypliny: Automatyka, elektronika i elektrotechnika)** i dotyczą elektroenergetyki, a dokładniej sieci elektrycznych i gospodarki elektroenergetycznej w zakresie planowania rozwoju elektroenergetycznych terenowych sieci dystrybucyjnych SN.

Rozprawa doktorska w formie monografii (wydawnictwo książkowe sygnowane przez Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Kielce 2020) obejmuje 180 stron, w tym 139 stron tekstu merytorycznego (w tym 1 strona *Wykaz ważniejszych symboli, oznaczeń i skrótów* oraz 1 strona *Spisu treści*), 13 stron *Bibliografii*, 26 stron *Załącznika* (dane charakteryzujące wybrany fragment sieci w postaci tabelarycznej) oraz 2 stron *Streszczenia*. *Bibliografia* obejmuje 168 pozycji literatury.

Treść merytoryczna obejmuje 6 rozdziałów, w tym *Wprowadzenie*, *Podsumowanie* oraz nienumerowany rozdział: *Bibliografia*.

### ***Charakterystyka zagadnienia naukowego***

Dysertacja dotyczy wybranych aspektów planowania rozwoju elektroenergetycznych terenowych sieci dystrybucyjnych SN. Sieci dystrybucyjne wymagają okresowych modernizacji głównie ze względu na proces starzenia się elementów sieci i związany z nim wzrost awaryjności, na zmiany obciążenia elektroenergetycznego i jego struktury oraz konieczności stopniowego przekształcania sieci dystrybucyjnych z pasywnych na aktywne z uwzględnieniem generacji rozproszonej i aktywnych działań po stronie popytowej. Powyższe przesłanki wskazują na spore wyzwania stojące przed decydentami, którzy oczekują od naukowców nowoczesnych narzędzi planowania rozwoju sieci w aspekcie wielopłaszczyznowym. Niewątpliwie bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej do odbiorców jest troską zarówno operatorów systemów przesyłowych, jak i również operatorów systemów dystrybucyjnych na całym świecie. Po dużych awariach systemowych (jedna z pierwszych w listopadzie 1965 r. w USA) zintensyfikowano prace naukowe dążące do zapewnienia niezawodności zasilania odbiorców. Temat podjęty w pracy doktorskiej wpisuje się w trwającą również w Polsce dyskusję środowiska naukowego, ale i politycznego, dotyczącą bezpieczeństwa energetycznego, którego jednym z elementów jest zapewnienie w miarę bezprzerwowych dostaw energii elektrycznej, w perspektywie opracowywanej polityki energetycznej Polski do 2040 roku i na dalsze lata. Na lata 2016-2020 URE opracowało nowy model regulacji OSD, który przewiduje wdrożenie elementów regulacji jakościowej. Celem nowej regulacji jest utrzymanie dotychczasowego wzrostu poziomu inwestycji przy jednoczesnej realizacji działań i inwestycji w celu zwiększenie niezawodności zasilania odbiorców oraz poprawę jakości energii. Regulacja jakościowa w latach 2016-2020 wiąże przychód regulowany OSD z uzyskaniem odpowiednich wartości wskaźników SAIDI i SAIFI związanych z niezawodnością sieci i wpływających na wskaźnik regulacyjny. Poziom wykonania wskaźników regulacji jakościowej z roku t-2 jest uwzględniany w zwrocie z kapitału w roku t. W wyniku ewaluacji modelu regulacji jakościowej na lata 2016-2020 powstał dokument „*Regulacja Jakościowa w latach 2018-2025 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (którzy dokonali z dniem 1 lipca 2007 r. rozdzielenia działalności)*”. Najważniejsze zmiany, obowiązujące od 2018 roku, to wprowadzenie wskaźników obszarowych (w miejsce SAIDI i SAIFI) z podziałem na 4 obszary: duże miasta, miasta na prawach powiatu, miasta, wsie, wyznaczenie nowych długoterminowych celów do 2025 r. (na podstawie punktów startowych) i wyeliminowanie z obliczania wskaźników jakościowych zdarzeń pogodowych o charakterze katastrofalnym. Wprowadzone elementy regulacji jakościowej w obecnym kształcie wymagać będą dalszej poprawy i ewolucji, szczególnie w kierunku intensyfikacji inwestycji w sieci terenowe. Zakłada się, że w 2023 r. może nastąpić kolejna ewaluacja modelu regulacji jakościowej.

Optymalizacja nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych, kosztów zawodności sieci z jednoczesnym uwzględnieniem wskaźników regulacji jakościowej oraz z możliwością różnorodnych działań modernizacyjnych terenowych sieci dystrybucyjnych powoduje, że problem naukowy planowania rozwoju sieci w sposób optymalny staje się zadaniem wielokryterialnym z różnorodnymi ograniczeniami. Wyzwaniem naukowym jest również

złożona struktura układów sieciowych (duża liczba elementów), co powoduje, że problem planowania modernizacji sieci dystrybucyjnych trudno rozwiązać tradycyjnymi metodami optymalizacji (mającymi spore ograniczenia obliczeniowe), natomiast rozwój metod sztucznej inteligencji, szczególnie jeśli chodzi o metody ewolucyjne, umożliwia rozwiązanie tego rodzaju problemów decyzyjnych.

Ważnym z punktu widzenia elektrotechniki jest też zagadnienie rozpoznania i doboru różnych przedsięwzięć modernizacji zwiększających niezawodność terenowych sieci dystrybucyjnych.

Problematyka związana z modelowaniem poprawy poziomu niezawodności systemu zaopatrzenia w energię elektryczną, szczególnie w zakresie modernizacji sieci dystrybucyjnych, ograniczaniem kosztów eksploatacyjnych, jak i rekonfiguracją w systemach dystrybucyjnych, jest więc jak najbardziej aktualna. **Autor inspirowany przez Promotora podjął bardzo aktualny i istotny temat, który może być wykorzystany w pracach nad doskonaleniem zasad planowania rozwoju terenowych sieci dystrybucyjnych w Polsce.**

### ***Tytuł rozprawy***

Doceniając znaczenie i aktualność podjętych badań nie sposób odnieść się do tytułu rozprawy. **Generalnie tytuł rozprawy oddaje treści w niej prezentowane.** Zamierzeniem Autora jest opracowanie nowatorskiego algorytmu, wykorzystującego metody ewolucyjne, realizacji planowania modernizacji terenowych sieci dystrybucyjnych w sposób optymalny, co zostało precyzyjnie ujęte w temacie. Można mieć zastrzeżenia do użytego w tytule pewnego skrótowego myślowego w postaci „optymalnego planowania”. Wykorzystanie w optymalizacji algorytmów ewolucyjnych wiąże się z koniecznością rozwiązania szeregu zagadnień naukowych, m.in. doboru reprezentacji problemu (w tym sposobu kodowania zmiennych decyzyjnych), opracowania operatorów rekombinacji, algorytmu uwzględniania ograniczeń czy doboru parametrów sterujących pracą algorytmu. Mając na uwadze przedstawione w dysertacji badania recenzent uważa, że Autor właściwie sformułował tytuł rozprawy.

### **3. Teza rozprawy i jej udowodnienie**

#### **Cel pracy**

Sformułowaniu celu pracy i tezy poświęcono podrozdział 1.4 *Podjęte cele pracy i teza pracy*. W podrozdziale tym Autor przedstawia cel pracy, którym jest (cytuje): „...*opracowanie dla terenowych sieci dystrybucyjnych SN modeli optymalizacyjnych umożliwiających optymalne planowanie zakresu prac modernizacyjnych, w tym także w zakresie przebudowy linii napowietrznych SN na linie kablowe.*” Proponowana analiza ma mieć cechy umożliwiające wybór w rozważanych sieciach dystrybucyjnych odcinków linii do prac modernizacyjnych, przy jednoczesnym wyborze wariantów modernizacji danego odcinka.

#### ***Teza rozprawy***

Teza rozprawy brzmi (cytuje):

*„Planowanie przebudowy terenowych napowietrznych elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych SN można skutecznie realizować opracowując za pomocą wybranych metod ewolucyjnych (w szczególności algorytmów ewolucyjnych i rojowych) optymalne plany realizacji zadań przebudowy i modernizacji sieci dystrybucyjnych dla założonych przedziałów czasowych.”*

Teza rozprawy zawiera pewne elementy dyskusyjne. Dostyc enigmatyczne jest stwierdzenie „*optymalne plany ... dla zalozonych przedzialow czasowych*”. Uzycie slowa „*optymalny*” powinno byc rozbudowane o doprecyzowanie funkcji celu, bo dopiero wtedy definiujemy, w jakim sensie rozwiązanie jest optymalne.

Z kolei stwierdzenie „*dla zalozonych przedzialow czasowych*” sugeruje, ze metoda jest uniwersalna dla roznych zakladanych przedzialow czasowych. Wydaje sie, ze nalezalboby sprecyzowac, czy jest to przedzial czasowy krótko-, średnio- czy tez dlugoterminowy. W pracy Autor prezentuje wyniki dla 5-letniego okresu analizy (proponuje sie rowniez 3 lub 7 letni okres analizy). Jesli do kryteriow wprowadza sie analize ekonomiczna, to proste porownanie zdyskontowanych nakladow inwestycyjnych i kosztow eksploatacyjnych (w tym kosztow strat i zawodnoscí sieci) przy sugerowanych w pracy roznych wariantach modernizacji moze byc kwestionowane, bo efektywnosc ekonomiczna nalezalboby wyznaczyc dla okresu eksploatacji (zycia) danego wariantu inwestycyjnego.

Autor w rozprawie wykorzystal dane, zaprezentowane w *Zalaczniku*, dotyczace dwuch fragmentow sieci dystrybucyjnej SN zasilanej z trzech GPZ (GPZ-1, GPZ-2 i GPZ-3). Statystyka dotyczy przerw nieplanowych w 2018 r. i obejmuje charakterystyke kazdego odcinka linii (dlugosc odcinka, przekroj przewodu, moc transformatora) oraz wskaźniki SAIDI, SAIFI i MAIFI dla odcinkow linii. Rodzi sie pytanie, czy statystyka z jednego roku w sposob adekwatny charakteryzuje standardy regulacji jakościowej i czy jest to statystyka wystarczajaca do poprawnego funkcjonowania algorytmow ewolucyjnych?

Teza dotyczy „*...przebudowy terenowych napowietrznych elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych SN...*” i glównym dzialaniem majacym na celu poprawe wskaźnikow niezawodnościowych jest zastapienie odcinkow linii napowietrznych liniami kablowymi. Na str. 179 Autor stwierdza, ze „*...Aktualnie wybor linii elektroenergetycznych SN i jej odcinkow do skablowania odbywa sie w spolkach dystrybucyjnych w sposob deterministyczny uwzgledniajacy glównie historyczna awaryjnosc linii (SAIDI, SAIFI) oraz stopien zadrzewienia.*” Jak wykazac poprawnosc tezy w zakresie „skutecznej realizacji planowanej przebudowy”, skoro np. w Tabeli 31 i 32 oraz Tabeli 40 i 41 prezentuje sie szczegolowe rozwiązania rozniace sie znacznie. Decydenci w zakresie modernizacji sieci SN oczekujaja jednoznacznego rozwiązania poprawiajacego niezawodnosc zasilania przy jednoczesnej minimalizacji całkowitych kosztow proponowanych rozwiázan (np. kryteria od  $f_6$  do  $f_8$  mozna zastapic jednym). W *Podsumowaniu* powinien znalezc sie akapit uzasadniajacy udowodnienie tezy. Recenzent analizujac przedstawione rezultaty wielowariantowych obliczen uznaje, ze teza zostala udowodniona. W czasie obrony, dazac do potwierdzenia wlasnych opinii dotyczacych udowodnienia tezy, recenzent oczekuje, ze Autor jasno przedstawí przeslanki wskazujace na udowodnienie tezy.

**Ogólnie można stwierdzić, że założony cel pracy został zrealizowany, a przedstawione rezultaty analiz i obliczeń wskazują, że teza pracy została udowodniona.**

#### **4. Przegląd stanu wiedzy, charakterystyka doboru i wykorzystania źródeł**

*Bibliografia* obejmuje 168 pozycji. 47 pozycji literaturowych to angielskojęzyczne teksty.

Z ostatnich pięciu lat (od 2015 roku) w spisie *Bibliografii* znajdują się 58 pozycje, więc udział aktualnych pozycji jest znaczący. Nie wszystkie pozycje literaturowe zawierają pełny opis bibliograficzny, np. brak roku wydania itp. Nie wykazano wymaganej staranności w tym zakresie, np. pozycje [40]÷[42] to powtórzona jedna i ta sama pozycja literaturowa.

W podrozdziale 1.1 zatytułowanym *Opis przyjętego do analizy problemu* Autor dokonał przeglądu literatury w zakresie zagadnień dotyczących metod optymalizacyjnych w elektroenergetyce i aktualnych trendów badawczych w zakresie planowania rozwoju sieci elektrycznych. Dokonano również ogólnego przeglądu literatury z analizy niezawodności układów sieciowych. Przedstawiono problematykę obliczania strat mocy i energii w rozległych sieciach elektroenergetycznych i możliwością ich ograniczania, podając odniesienia literaturowe.

Podrozdział 1.3 zatytułowano *Przegląd literaturowy w zakresie problematyki niezawodności terenowych sieci dystrybucyjnych* i w tym zakresie przytaczana bibliografia wiodących ośrodków naukowych jest wystarczająca i aktualna.

Kontynuacją przeglądu literatury jest również rozdział 2 zatytułowany *Metody optymalizacji klasycznej i heurystycznej*. Autor opisuje stan wiedzy dotyczący klasycznych metod optymalizacji, w tym metod optymalizacji wielokryterialnej, przedstawiając rozwiązania optymalne w sensie Pareto. Najistotniejsza w tym zakresie jest *Charakterystyka wybranych metod heurystycznych* (podrozdział 2.2). Przedstawiono podział metod heurystycznych i opisano zasady ich działania z odpowiednimi powołaniami literaturowymi, dokumentującymi badania zagraniczne i krajowe. Szczególny nacisk położono na wykorzystywanie algorytmów ewolucyjnych w optymalizacji wielokryterialnej.

Generalnie można stwierdzić, że każde z powyższych zagadnień jest udokumentowane w dysertacji publikacjami zarówno krajowymi, jak i zagranicznymi.

**W konkluzji należy stwierdzić, że zaproponowane badania wpisują się w trend badań prowadzonych w krajowej i światowej elektroenergetyce. Analiza źródłowa jest przeprowadzona poprawnie.**

## **5. Oryginalność rozwiązania zagadnienia naukowego**

Przedstawiona w dysertacji metoda planowania modernizacji sieci dystrybucyjnych jest kontynuacją badań prowadzonych na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej.

Autor przedstawił rozprawę, która ma charakter studium analitycznego na podstawie złożonych obliczeń z wykorzystaniem danych statystycznych z opracowanej bazy danych. Ku takiemu stwierdzeniu skłaniają następujące przesłanki: sformułowano problem badawczy (planowanie przebudowy terenowych sieci dystrybucyjnych), właściwie wybrano metodę rozwiązania wykorzystując zaawansowane oprogramowanie (optymalizację wielokryterialną i metody ewolucyjne) i samodzielnie opracowując elementy algorytmów w nim zastosowanych (sposób kodowania, operatory mutacji i krzyżowania oraz rekombinacji) oraz dokonano analitycznej oceny uzyskanych wyników. Brak syntezy i oceny uzyskanych rozwiązań pod kątem praktycznego wykorzystania wyników wydaje się słabą stroną dysertacji.

Obliczenia w pracy doktorskiej wykorzystują bazę danych, opisującą dwa fragmenty sieci SN i zdarzenia związane z niezawodnością zasilania, co stwarza spore problemy z przetwarzaniem informacji. W trakcie obrony pracy doktorskiej oczekuję deklaracji poziomu udziału Autora w przygotowaniu modeli optymalizacyjnych, realizacji obliczeń oraz sprecyzowanie własnego wkładu w ocenę wyników i ich analizę. Innowacyjne granty i prace badawcze w elektroenergetyce są prowadzone w dużych zespołach osobowych, dających duże

prawdopodobieństwo sukcesu naukowego i jest to dziś sytuacja naturalna, a umiejętność pracy w takich zespołach oceniana jest bardzo pozytywnie.

Oryginalnym wkładem deklarowanym przez Autora są efekty realizacji pracy przedstawione na str.138 i 139. Istotnym dla udowodnienia tezy rozprawy jest przeprowadzenie obliczeń optymalizacyjnych zgodnie z prezentowanymi w dysertacji algorytmami ewolucyjnymi zastosowanymi do optymalizacji wielokryterialnej oraz dla zagregowanej funkcji celu i przedstawienie konkretnych wyników analizy wskazujących na zbieżne rozwiązania. Wykorzystanie dużej bazy danych, charakteryzującej fragmenty sieci dystrybucyjnych, wykorzystanie wariantowych modeli z różnymi zestawami funkcji celu i wykonanie obliczeń wieloma algorytmami ewolucyjnymi wskazuje na ogrom pracy badawczej zrealizowanej w ramach dysertacji.

**Konkluzja: opracowana metoda planowania przebudowy terenowych sieci dystrybucyjnych z wykorzystaniem optymalizacji wielokryterialnej i metod ewolucyjnych jest podejściem nowatorskim, a samodzielnie opracowane elementy algorytmów w niej zastosowanych, tzn. sposobu kodowania zmiennych decyzyjnych, koncepcji operatora mutacji i modyfikacji operatora krzyżowania oraz rekombinacji to elementy nowości.**

## **6. Ocena dorobku przedstawionego w rozprawie przez Autora w dyscyplinie naukowej elektrotechnika**

Autor wykazał bardzo dobrą znajomością zarówno podstaw teoretycznych, jak i realiów funkcjonowania elektroenergetyki, a w szczególności zagadnień związanych:

- z organizacją i strukturą systemu elektroenergetycznego ze szczególnym uwzględnieniem terenowych sieci dystrybucyjnych oraz otoczeniem prawnym ich funkcjonowania,
- z eksploatacją sieci dystrybucyjnych,
- z planowaniem rozwoju sieci dystrybucyjnych,
- z analizą niezawodności w systemie elektroenergetycznym,
- z zagadnieniami gospodarki elektroenergetycznej, w tym rachunkiem ekonomicznym w elektroenergetyce oraz z optymalizacją w elektroenergetyce.

W rozprawie w spisie *Bibliografii* nie ma pozycji literaturowych autorstwa lub współautorstwa mgr inż. Wojciecha Nity, choć jest on współautorem 3 artykułów, bezpośrednio związanych z tematyką rozprawy. Poniższe artykuły powinny znaleźć się w spisie *Bibliografii*. Są to następujące artykuły:

- Filipiak S., Nita W.: Zastosowanie algorytmu genetycznego do optymalizacji elektroenergetycznych sieci SN w zakresie kwalifikacji linii napowietrznych do przebudowy na linie kablowe. *ElektroInfo*, 12/2018 (170).
- Filipiak S., Nita W.: Zastosowanie algorytmów ewolucyjnych do wielokryterialnej optymalizacji rozwoju sieci dystrybucyjnej SN. *ElektroInfo*, 3/2019 (172).
- Filipiak S., Nita W.: Prognozowanie miesięcznego zużycia energii elektrycznej dla odbiorców zasilanych z terenowych sieci dystrybucyjnych średniego napięcia z zastosowaniem sztucznej sieci neuronowej. *Energetyka*, 5/2019 (779).

**Dorobek publikacyjny Autora należy ocenić jako spełniający konieczne wymagania.**

## 7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Praca dotyczy trudnego zagadnienia naukowego, wymagającego wykorzystania nowoczesnego podejścia metodycznego (metody oceny niezawodności sieci dystrybucyjnych, metody wyznaczania strat mocy i energii, metody rachunku ekonomicznego w elektroenergetyce, metody planowania modernizacji sieci dystrybucyjnych, metody optymalizacji wielokryterialnej).

Przedstawiona rozprawa dowodzi, że Autor:

- przeanalizował w sposób właściwy strukturę i otoczenie terenowych sieci dystrybucyjnych, przyjmując w konsekwencji uzasadnione założenia w celu rozwiązania problemu naukowego,
- rozpoznał, zaadaptował i również samodzielnie opracował właściwe metody badawcze wykazując przydatność metod ewolucyjnych, a w szczególności algorytmów rojowych i ewolucyjnych do optymalizacji wielokryterialnej planowania modernizacji terenowych sieci dystrybucyjnych,
- zaproponował oryginalny sposób kodowania zmiennych decyzyjnych, opracował zestaw funkcji kryterialnych w planowaniu przebudowy i modernizacji dystrybucyjnych sieci napowietrznych SN, sformułował funkcję agregującą, a w celu porównywalności kryteriów zastosował przeliczenie normalizujące, wykorzystał koncepcję nowego operatora mutacji oraz zaproponował również modyfikację operatora krzyżowania, co pozwoliło na tworzenie przez operatory rekombinacji rozwiązań mieszczących się w dopuszczalnych przedziałach,
- zaprogramował niektóre procedury, konieczne do rozwiązania zadania badawczego,
- zrealizował skomplikowane wariantowe obliczenia i analizy,
- ocenił rozwiązania i skomentował uzyskane wyniki.

**Pozwala to na stwierdzenie, iż Autor posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.**

## 8. Strona redakcyjno – wydawnicza

**Układ pracy jest w zasadzie typowy dla rozpraw doktorskich.** Rozprawa składa się z sześciu rozdziałów merytorycznych. Nienumerowanymi pozycjami w rozprawie są: *Bibliografia* oraz *Załącznik*.

W rozdz. 1 *Wprowadzenie* przedstawiono otoczenie, w którym będą budowane modele optymalizacyjne dotyczące modernizacji sieci dystrybucyjnych. Scharakteryzowano terenowe sieci SN. W podrozdziale 1.4. *Podjęte cele pracy i teza pracy* sformułowano zakres badań i tezę pracy.

W typowym układzie rozpraw doktorskich przedstawienie stanu wiedzy wraz z przeglądem literatury omawia związek postawionego problemu z innymi pracami w rozpatrywanym obszarze badań, dając jasny pogląd, jakie zagadnienie naukowe będzie stanowiło nowatorski wkład w rozwój nauki. W podrozdziale 1.3 *Przegląd literaturowy w zakresie problematyki niezawodności terenowych sieci dystrybucyjnych* dokonano powyższych czynności wskazując na nowatorskie podejście do planowania modernizacji sieci dystrybucyjnych z wykorzystaniem optymalizacji wielokryterialnej realizowanej algorytmami ewolucyjnymi.

W rozprawie w rozdz. 2, zatytułowanym *Metody optymalizacji klasycznej i heurystycznej* Autor szczegółowo zaprezentował istotę poszczególnych algorytmów należących do grupy metod heurystycznych oraz podał przykłady ich wykorzystania.

W rozdz. 3 *Modele optymalizacyjne do planowania przebudowy terenowych sieci napowietrznych SN* scharakteryzowano dwa badane fragmenty terenowej sieci dystrybucyjnej SN (pierwszy fragment zasilany z dwóch GPZ to 537 odcinków linii o łącznej długości 690 km, drugi fragment zasilany z jednego GPZ to 191 odcinków linii o łącznej długości 266 km). W podrozdziale 3.1 opisano sposób kodowania umożliwiający zapis informacji o przebiegu trans modernizowanych linii oraz określenie zakresu czasowego lub zakresu modernizacji dla wybranych do przebudowy odcinków linii.

Dwa kolejne rozdziały 4 i 5 są najistotniejsze z punktu widzenia realizacji zadania badawczego i udowodnienia tezy dysertacji. W rozdz. 4 zaprezentowano *Wyniki obliczeń z zastosowaniem wybranych metod ewolucyjnych*, a w rozdz.5 *Wyniki obliczeń z zastosowaniem algorytmów wyznaczających rozwiązania Pareto-optymalne*.

Uwagi i wnioski końcowe dotyczące zrealizowanych badań i ich ocenę zamieszczono w rozdz. 6 *Podsumowanie*. Recenzent uważa, że pracę wzbogaciłaby pewna synteza zrealizowanych badań. Autor zaprezentował w rozdz. 4 i 5 bardzo obszerny materiał (różne metody optymalizacyjne, różne zestawy kryteriów, dwa fragmenty sieci itd.), ale nie podaje recepty praktycznego postępowania. Nadmiar informacji to w rzeczywistości brak informacji.

Po zaprezentowaniu *Bibliografii*, ważnym elementem rozprawy jest *Załącznik*, w których Autor przedstawił w formie tabelarycznej dane statystyczne dotyczące fragmentów sieci dystrybucyjnej.

Dostrzeżone błędy edycyjne i językowe (interpunkcja, styl) zaznaczono w recenzowanym egzemplarzu rozprawy. Rysunki Rys.19÷21 i 77÷81 przedstawiające fragmenty sieci dystrybucyjnej są nieczytelne. Dla większości rysunków i tabel nie podano źródła (jeśli opracowanie własne, to również należy to wskazać). Nie utrzymano jednolitych oznaczeń we wzorach, różna jest np. notacja sum (np. we wzorach (43)÷(47) w porównaniu do wzorów (48)÷(51)), co utrudnia lekturę dysertacji.

**Można skłonić się do wniosku, że poprawnie zredagowano strukturę rozprawy.**

## **9. Uwagi polemiczne i dyskusyjne**

### **9.1. Uwagi polemiczne**

9.1.1. Autor w rozprawie wykorzystał dane, zaprezentowane w *Załączniku*, dotyczące dwóch fragmentów sieci dystrybucyjnej SN zasilanej z trzech GPZ (GPZ-1, GPZ-2 i GPZ-3). Statystyka dotyczy przerw nieplanowych w 2018 r. i obejmuje charakterystykę każdego odcinka linii (długość odcinka, przekrój przewodu, moc transformatora) oraz wskaźniki SAIDI, SAIFI i MAIFI dla odcinków linii. Rodzi się pytanie, czy statystyka z jednego roku w sposób adekwatny charakteryzuje standardy regulacji jakościowej i czy jest to statystyka wystarczająca do poprawnego funkcjonowania algorytmów ewolucyjnych?

9.1.2. Sposób kodowania i rozkodowywania zmiennych decyzyjnych podany w sposób opisowy na str. 52÷54 budzi pewne wątpliwości np. na str. 53 brak opisu dla przedziału wartości zmiennej decyzyjnej 0.0-0.1. Kodowanie i rozkodowywanie powinno być podane w postaci reguł matematycznych (algorytmu) tak dla pierwszego, jak i dla drugiego modelu planowania, w którym koduje się zakres prac modernizacyjnych. Czy Autor jest w stanie zaprezentować takie algorytmy?

9.1.3. Na str. 60 opisując warunki ograniczające użyto sformułowania „...*Warianty modernizacji odcinków linii opisano w postaci macierzowej...*” Jest to istotna



informacja i przykład takiej macierzy, choćby w postaci okrojonej, powinien zostać zaprezentowany.

- 9.1.4. Jeśli określa się funkcję agregującą  $Q$  zgodnie ze wzorem (52), to w jaki sposób wyznaczono  $f^i$  punkt idealny? W rozdz. 4 prezentuje się wyniki dla zagregowanego podejścia bazującego na metodzie punktu idealnego (z zastosowaniem normy euklidesowej), a celem algorytmów optymalizacyjnych było odszukanie rozwiązań leżących jak najbliżej założonego wektora zawierającego idealne wartości funkcji kryterialnych. Według recenzenta określenie punktu idealnego warunkuje uzyskanie rozwiązanie, stąd tak istotny jest sposób wyznaczania punktu idealnego. Czy punkt idealny zmienia się w czasie dla kolejnych lat modernizacji sieci?
- 9.1.5. Formuły (54) do normalizacji wyznaczają współczynniki  $\mu_j$ . Kluczowe tutaj jest wyznaczenie  $f^{min}$  i  $f^{max}$ , a nie dla każdego kryterium jest to oczywiste. Jakie wartości  $f^{min}$  i  $f^{max}$  przyjęto? W jaki sposób współczynniki  $\mu_j$  wykorzystywane są do normalizacji funkcji kryterialnych?
- 9.1.6. Na str. 66 zadeklarowano, że obliczenia wykonano dla zestawu pięciu kryteriów: minimalizacji wskaźników SAIFI i SAIDI, maksymalizacji efektu energetycznego, minimalizacji sumarycznej długości linii napowietrznych na terenach silnie zalesionych oraz minimalizacji maksymalnej wartości wskaźnika SAIFI dla analizowanego zbioru ciągów liniowych. Dla tak postawionego zadania optymalizacji wielokryterialnej, jeśli nie wprowadzi się kryterium minimalizacji nakładów inwestycyjnych lub ograniczeń z nich wynikających (np. poprzez określenie punktu idealnego), to dysponując odpowiednio dużymi środkami finansowymi można np. wyeliminować linie napowietrzne, czy osiągnąć wskaźniki praktycznie równe 0 itp.
- 9.1.7. Na str. 179 Autor stwierdza, że „...Aktualnie wybór linii elektroenergetycznych SN i jej odcinków do skablowania odbywa się w spółkach dystrybucyjnych w sposób deterministyczny uwzględniający głównie historyczną awaryjność linii (SAIDI, SAIFI) oraz stopień zadrzewienia.” Ale np. w Tabeli 31 i 32 oraz Tabeli 40 i 41 prezentuje się szczegółowe rozwiązania różniące się znacznie zakresami modernizacji. Decydenci w zakresie modernizacji sieci SN oczekują jednoznacznego rozwiązania poprawiającego niezawodność zasilania przy jednoczesnej minimalizacji całkowitych kosztów proponowanych rozwiązań. Jaka wartość praktyczną dla decydentów i OSD mają prezentowane wyniki obliczeń optymalizacyjnych?
- 9.1.8. Jak Autor ocenia perspektywę praktycznego wykorzystania opracowanej metody i rezultatów badań modelowych?

## **9.2. Uwagi szczegółowe i edycyjne**

- 9.2.1. Str. 6 i str. 9 jest „...stacji transformatorowych SN/Nn”, „...transformatorów SN/Nn”, „...linii Nn” powinno być „...SN/nN” (ewentualnie stosowane w materiałach SEP oznaczenie nn)
- 9.2.2. Str. 9 Jak w sformułowaniu „... modernizacja pozwoli w założonym horyzoncie czasowym na optymalną poprawę wskaźników niezawodnościowych...” rozumieć pojęcie „optymalnej poprawy”? Czy takie sformułowanie jest poprawne?
- 9.2.3. Str. 20 Czas trwania maksymalnych strat wyrażony empirycznym wzorem (17) jest pewnym przybliżeniem opracowanym dla innej rzeczywistości gospodarczej i dla innych warunków funkcjonowania elektroenergetyki. Czy obecnie powyższa

zależność od czasu trwania obciążenia szczytowego sprawdza się we współczesnych sieciach dystrybucyjnych?

- 9.2.4. Str. 30 Jak w sformułowaniu „... *Metoda ta pozwala na uzyskanie większej informacji o poziomie niezawodności danego układu...*” rozumieć pojęcie „większej informacji”?
- 9.2.5. Str. 49 i dalsze. Przytacza się wzory np. (40) i (41) bez opisu oznaczeń. Trudno je zinterpretować.
- 9.2.6. Str. 62 We wzorze (48) jest sumowanie od  $j=1$  do 5, ale we wzorze żadna wielkość nie ma indeksu  $j$ . We wzorach (48)÷(52) używa się tych samych oznaczeń indeksów dla różnych wielkości np. w (49)  $m$  to liczba lat, a w (52)  $m$  to liczba kryteriów.
- 9.2.7. Str. 63 W opisie pod wzorem (51) występuje  $\tau_o$ , a we wzorze jest  $\tau_j$ . Brak opisu  $k_{uz}$ ,  $k_{nap}$  i sposobu ich określania (przyjęcia).
- 9.2.8. Str. 67 Tabela 2: W jaki sposób dokonano selekcji najlepszych rozwiązań (tu prezentowane są trzy rozwiązania)? Podobnie na str. 96 w Tabeli 18 też prezentowane są trzy najlepsze rozwiązania.
- 9.2.9. Str. 69 Tabela 4: Czy można w jakiś sposób wytłumaczyć skokową zmianę np. max SAIDI z wartości 17,07 w czwartym roku (podobne wartości w drugim i trzecim roku) do wartości 2,65 w piątym roku w prezentowanym rozwiązaniu?
- 9.2.10. W podrozdz. 4.4 porównuje się rezultaty dla różnych metod wprowadzając miarę *Generational Distance* (GD) oraz metrykę numeryczną *Spacing* (S). Jednocześnie na str.85 „*Przyjęto front Pareto odszukany przez algorytm NSGA II jako najlepsze przybliżenie frontu rozwiązań paretooptimalnych dla analizowanego problemu...*” Na jakiej podstawie matematycznej przyjęto powyższe założenie?
- 9.2.11. Na str. 86 (i str. 90) padło stwierdzenie, że „...*wartości zmiennych decyzyjnych wybierane były ze zbioru wartości dyskretnych, ale przedziałami ciągłych.*” Z matematycznego punktu widzenia zbiór wartości dyskretnych jest pojęciem zrozumiałym, ale pojęcie ciągłości wprowadza się dla funkcji.
- 9.2.12. Na str.114 zamieszczono akapit: „*Na rysunkach 67-69 przedstawiono wyniki obliczeń dla zestawu czterech kryteriów z użyciem dwóch wybranych algorytmów ewolucyjnych NSGA II oraz evMOGA, które okazały się najbardziej przydatne dla analizowanego w pracy zadania.*” W jakim sensie są to „*najbardziej przydatne algorytmy*”?

## 10. Konkluzja

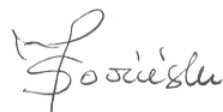
Tematyka recenzowanej rozprawy w dziedzinie nauk technicznych w **dyscyplinie elektrotechnika** jest bardzo aktualna zarówno w Polsce, jak też na świecie. Główna wartość pracy, zdaniem recenzenta, polega na rozwinięciu przez Autora badań dotyczących planowania rozwoju terenowych sieci rozdzielczych, podjętych na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej. Samodzielnym rozwinięciem aplikacyjnym w zakresie planowania modernizacji sieci jest przygotowanie danych opisujących fragment sieci dystrybucyjnej SN, opracowanie modeli optymalizacji wielokryterialnej z wykorzystaniem metod ewolucyjnych, własnych metod wspomagających algorytmy obliczeniowe (kodowanie zmiennych decyzyjnych, normalizacja kryteriów, operator mutowania i krzyżowania, opracowanie wariantowych modeli optymalizacyjnych) oraz wykonanie wariantowych obliczeń z analizą ich rezultatów i w konsekwencji

opracowanie planów realizacji zadań przebudowy i modernizacji terenowych sieci dystrybucyjnych w sposób optymalny w sensie Pareto.

W przekonaniu recenzenta Autor wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych.

**W tym kontekście przedstawiona rozprawa odpowiada generalnie wymaganiom, sprecyzowanym w Ustawie 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 z dnia 16 kwietnia 2003 z późn. zm.) i w par.6, ust.4 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2018, poz.261).**

Stawiam wniosek o dopuszczenie mgra inż. Wojciecha Nity do publicznej obrony, w trakcie której oczekuję, że Pan mgr inż. Wojciech Nita ustosunkuje się do uwag polemicznych i dyskusyjnych zawartych w recenzji.



.....  
Podpis recenzenta