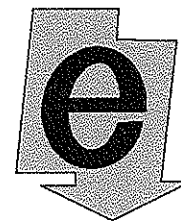




**Prof. dr hab. inż. Mirosław Parol**  
**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY**  
**Instytut Elektroenergetyki**  
**Zakład Sieci i Systemów Elektroenergetycznych**  
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa  
Adres prywatny: ul. 1 Maja 36A, 96-515 Teresin



Warszawa, 03.09.2015

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Tamera Mohameda Khalila Selima**

Tytuł rozprawy:

**„Electric Power Losses Reduction in Distribution Systems Using Selective Particle Swarm Optimization”**

**1. Podstawa formalna recenzji**

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej, wykonanej w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej pod kierunkiem dr hab. inż. Ireny Wasiak – prof. nzw. PŁ, pełniącej funkcję promotora, oraz dr. inż. Alexandra Gorpinicha – promotora pomocniczego, jest pismo Prodziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, prof. dra hab. inż. Andrzeja Bartoszewicza z dnia 20 maja 2015, powołujące się na odpowiednią uchwałę Rady Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej.

Recenzja została opracowana na podstawie przedłożonego tekstu rozprawy.

**2. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Tamera Mohameda Khalila Selima zatytułowana „Electric Power Losses Reduction in Distribution Systems Using Selective Particle Swarm Optimization”. Rozprawa zawiera stronę tytułową, 14 stron ponumerowanych od i do xiv oraz 167 stron ponumerowanych od 1 do 167, w sumie 182 strony. Praca jest napisana w języku angielskim. Część pierwsza pracy ponumerowana od i do xiv zawiera: stronę pustą, spis treści (table of contents), spis tabel (list of tables), spis rysunków (list of figures), spis skrótów i oznaczeń (list of abbreviations and symbols) oraz streszczenie (abstract). Część druga – zasadnicza rozprawy zawiera 6 rozdziałów (chapters) oznaczonych odpowiednio od 1 do 6, spis źródeł bibliograficznych (references) oraz 3 załączniki (Appendix A, Appendix B i Appendix C).

**3. Zagadnienie naukowe, jego sformułowanie, aktualność i waga**

Podjęte przez Autora zagadnienie naukowe, polegające na wykorzystaniu opracowanego przez niego algorytmu opartego na roju cząstek (algorytmu rojowego, PSO) do rozwiązania zadania minimalizacji strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych, mieści się w obszarze sieci elektroenergetycznych oraz sztucznej inteligencji.

Główną uwagę Doktorant koncentruje na budowie oraz doborze parametrów opracowanego przez siebie zmodyfikowanego (selektywnego) algorytmu rojowego, służącego do realizacji ściśle określonych zadań optymalizacyjnych w sieciach dystrybucyjnych, a także

na określeniu przestrzeni rozwiązań w każdym z tych zadań. Jednocześnie dokonuje weryfikacji skuteczności działania opracowanego algorytmu poprzez porównanie otrzymanych rezultatów dla poszczególnych zadań ze znanymi stanami bazowymi (wyjściowymi dla przeprowadzanych obliczeń) oraz rezultatami uzyskanymi za pomocą innych metod optymalizacyjnych.

Tematyka rozprawy wiąże się bezpośrednio z zagadnieniem sprawności przesyłu energii elektrycznej. Przesyłowi energii od źródeł wytwarzania do punktów jej odbioru towarzyszą straty mocy i energii elektrycznej. Zmniejszenie wielkości tych strat w sieciach elektroenergetycznych, w tym w sieciach dystrybucyjnych, może się przyczynić w sposób bezpośredni do znacznych korzyści ekonomicznych, jak również pośrednio do lepszego wykorzystania przepustowości istniejących elementów sieci, co również przynosi korzyści ekonomiczne. Przedstawiane zagadnienie ma i będzie miało istotne znaczenie w przyszłości, ze względu na obserwowany ciągły wzrost zapotrzebowania na moc i energię elektryczną. Tak więc poszukiwanie nowych metod rozwiązania rozważanych w rozprawie zadań optymalizacyjnych, służących do możliwie największego ograniczenia wielkości strat mocy w sieciach dystrybucyjnych, ma istotne znaczenie praktyczne i poznawcze. Problematyka rozprawy jest więc aktualna na tle obecnego stanu wiedzy dotyczącej metod optymalizacyjnych oraz potrzeb elektroenergetyki.

O wadze podjętego w rozprawie zagadnienia naukowego może świadczyć m.in. liczba publikacji ukazujących się na ten temat zarówno w Polsce, jak i za granicą. W rozprawie dokonano szczegółowego przeglądu literatury na temat: optymalizacji doboru i lokalizacji baterii kondensatorów w sieciach dystrybucyjnych w celu kompensacji mocy biernej, optymalizacji konfiguracji (rekonfiguracji) sieci dystrybucyjnych, a także optymalizacji doboru (wymiany) przewodów w sieciach dystrybucyjnych. W przeglądzie tym opisano różne techniki optymalizacyjne stosowane do rozwiązania wymienionych zadań, w tym również wybrane techniki sztucznej inteligencji. Z przeprowadzonego przeglądu literatury wynika, że tematyka rozprawy jest ważna z naukowego punktu widzenia.

Osobnym problemem badawczym są w kontekście recenzowanej rozprawy algorytmy rojowe (PSO). Z dokonanego przeglądu i spisu literatury wynika, że algorytmy rojowe coraz powszechniej znajdują zastosowanie jako narzędzie do rozwiązywania różnego rodzaju złożonych problemów optymalizacyjnych w systemach elektroenergetycznych. Są to m.in. takie zadania jak: optymalizacja rozpyływu mocy (optimal power flow), ekonomiczny rozdział obciążeń (economic dispatch), sterowanie mocą bierną i napięciem, minimalizacja strat mocy, planowanie optymalnego obciążenia bloków wytwórczych w elektrowniach (unit commitment), planowanie rozwoju generacji oraz planowanie optymalnej sieci przesyłowej. W spisie literatury znajdują się 2 pozycje współautorstwa Doktoranta, dotyczące zastosowania binarnego algorytmu rojowego w zadaniu optymalizacji doboru i lokalizacji baterii kondensatorów w sieciach dystrybucyjnych.

Uważam, iż wyniki uzyskane przez Doktoranta w zakresie możliwości stosowania zmodyfikowanych algorytmów rojowych (SPSO) do zadań postawionych w rozprawie mogą być źródłem wiedzy i inspiracji dla innych badaczy, zarówno w zakresie analizowanej tematyki, jak i w innych zadaniach z dziedziny elektroenergetyki.

#### **4. Teza i cel rozprawy**

Sformułowana na stronie 4. rozprawy teza stwierdza, iż: „Stosowanie zmodyfikowanego binarnego algorytmu PSO, który polega na transformowaniu współrzędnych cząsteczek do wybranej (ściśle określonej) przestrzeni rozwiązań, umożliwia efektywne rozwiązanie problemu minimalizacji strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych za pomocą następujących technik (sposobów): doboru i lokalizacji baterii kondensatorów, rekonfiguracji

sieci oraz doboru (wymiany) przewodów” (Applying the modified binary PSO method, which consist of transforming particle coordinates into a selected solution space, makes it possible to effectively solve the problem of minimizing active power losses in a distribution networks by means of the following techniques: capacitor placement, network reconfiguration and reconductoring).

Sformułowane przez Doktoranta, zasadnicze cele rozprawy, przedstawiają się następująco:

- dokonanie wszechstronnej analizy różnych technik stosowanych do optymalizacji strat mocy w sieciach dystrybucyjnych, przy użyciu różnych sieci testowych oraz sieci rzeczywistych;
- opracowanie prostego algorytmu poszukiwania rozwiązań w wybranych (ograniczonych – ściśle określonych) przestrzeniach, który może być użyty w wielu zastosowaniach inżynierskich, gdzie przeszukiwana przestrzeń rozwiązań składa się z wyspecyfikowanych wartości;
- zastosowanie proponowanego algorytmu do rzeczywistej sieci dystrybucyjnej, w celu oceny jego wydajności poprzez rozważenie trzech wspomnianych technik, oddzielnie lub jednocześnie, służących do ograniczenia strat mocy;
- dokonanie oceny ilościowej korzyści ekonomicznych wynikających z zastosowania proponowanego algorytmu w rzeczywistej sieci dystrybucyjnej.

W celu realizacji wymienionych celów, zostały wykonane następujące działania:

- dokonano przeglądu stosowanych wcześniej metod optymalizacyjnych, służących do doboru i lokalizacji baterii kondensatorów, rekonfiguracji sieci oraz doboru (wymiany) przewodów;
- zbadano wpływ harmonicznych, sprzężenia wzajemnego przewodów fazowych oraz asymetrii obciążenia na rozwiązanie optymalne problemu doboru i lokalizacji baterii kondensatorów;
- zastosowano proponowany algorytm do sieci testowych znanych z literatury i porównano uzyskane wyniki, aby dowieść poprawności jego funkcjonowania oraz zademonstrować efektywność i skuteczność jego działania.

Proces optymalizacji z założenia miał polegać na minimalizacji określonych funkcji celu, możliwych do zastosowania podczas redukcji strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych, przy zachowaniu określonych ograniczeń. Do zrealizowania wybranego celu Doktorant wybrał odmianę sztucznej inteligencji, jaką są algorytmy rojowe (PSO).

Przedstawiona w rozprawie teza posiada cechy oryginalności, a jej prawdziwości Doktorant dowodzi rozwiązując szereg zagadnień szczegółowych o charakterze zarówno poznawczym jak i aplikacyjnym, w tym m.in:

- zapoznając się z teorią algorytmów PSO i dokonując szczegółowej analizy funkcjonowania algorytmów optymalizacyjnych opartych na tej teorii oraz adaptując teorię algorytmów rojowych dla potrzeb wybranych obliczeń optymalizacyjnych w sieciach elektroenergetycznych;
- dokonując analizy wybranych zagadnień (zadań) związanych z ograniczaniem strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych;
- budując ogólny model matematyczny zagadnienia minimalizacji strat mocy i energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych, oparty na wymienionych zadaniach;
- budując algorytm rozwiązania poszczególnych zadań optymalizacyjnych, oparty na teorii algorytmów rojowych;
- przeprowadzając szereg eksperymentów obliczeniowych w zakresie analizowanych zadań optymalizacyjnych;

- dokonując porównania uzyskanych rezultatów z przypadkami bazowymi oraz wynikami uzyskanymi przy użyciu innych metod i wyciągając wnioski z przeprowadzonych eksperymentów.

Stwierdzam, że sformułowana teza rozprawy jest dobrze „osadzona” w dziedzinie będącej przedmiotem rozprawy i została przez Doktoranta udowodniona.

### **5. Ocena stanu wiedzy teoretycznej i praktycznej Autora w dyscyplinie naukowej**

Autor wykazał dobrą orientację w specyficznym obszarze elektroenergetyki, jakim są sieci dystrybucyjne. Doktorant wykazał się również dobrą znajomością zagadnień związanych z ograniczaniem strat mocy w tych sieciach. Wymienione problemy naukowe wymagały odpowiedniej wiedzy w dyscyplinie „Elektrotechnika”. Przeprowadzone w rozprawie rozważania teoretyczne oraz eksperymenty obliczeniowe świadczą także o dobrym poziomie wiedzy Autora w dziedzinie algorytmów PSO.

Doktorant wykazał również dużą znajomość aspektów aplikacyjnych, w szczególności dotyczących budowy aplikacji komputerowej działającej w oparciu o algorytm SPSO oraz jej zastosowania w przykładowych obliczeniach.

### **6. Oryginalność i zakres rozwiązania zagadnienia naukowego**

Doktorant rozwiązał ściśle określony problem naukowy – opracował nową metodę służącą do optymalizacji wybranych postaci funkcji celu, związanych z ograniczaniem strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych, opartą na algorytmach PSO. W celu realizacji swoich badań opracował algorytm SPSO, a następnie przeprowadził odpowiednie eksperymenty obliczeniowe w sieciach testowych oraz w sieci rzeczywistej.

Do elementów nowości, stanowiących oryginalne i najważniejsze rezultaty rozprawy i osiągnięcia jej Autora, zaliczam:

- dokonanie gruntownego przeglądu literatury dotyczącego różnych metod poszukiwania rozwiązań w zadaniu optymalizacji doboru i lokalizacji baterii kondensatorów, zadaniu optymalnej rekonfiguracji sieci dystrybucyjnych, zadaniu optymalizacji wymiany przewodów w sieciach dystrybucyjnych, a także przeglądu zastosowań algorytmów PSO w systemach elektroenergetycznych;
- zaadaptowanie teorii algorytmów opartych na roju cząstek w celu rozwiązania wybranych zadań optymalizacyjnych związanych z ograniczaniem strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych;
- opracowanie algorytmu SPSO, będącego zmodyfikowanym binarnym algorytmem PSO;
- udowodnienie, poprzez przeprowadzenie odpowiednich eksperymentów obliczeniowych na sieciach testowych, poprawności funkcjonowania algorytmu SPSO, oraz zaprezentowanie jego efektywności i skuteczności działania, w porównaniu do innych stosowanych metod optymalizacyjnych;
- zastosowanie algorytmu SPSO do rozwiązania problemu minimalizacji strat mocy i energii elektrycznej w rzeczywistej sieci dystrybucyjnej, łącznie z analizą uzyskanych wyników obliczeń;
- określenie wpływu trzech rozważanych w rozprawie metod (sposobów) ograniczania strat mocy i energii w sieciach dystrybucyjnych, a także ich wpływu na efekty ekonomiczne.

Uważam, że Doktorant rozwiązał w pełni postawione w rozprawie zadanie. Zastosowanie algorytmów SPSO w rozważanych zadaniach optymalizacyjnych związanych z ograniczaniem strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych było moim zdaniem uzasadnione i właściwe.

Po przeprowadzeniu analizy tekstu rozprawy uważam, iż Autor rozwiązał postawione zadanie samodzielnie.

## **7. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

W przedstawionej do oceny rozprawie, Autor rozwiązuje kolejne problemy, mające go doprowadzić do ostatecznego celu, jakim jest opracowanie nowej, skutecznej metody optymalizacji wybranych funkcji celu w zadaniach służących do ograniczenia strat mocy czynnej w sieciach dystrybucyjnych.

Analizując treść rozprawy stwierdzam, że Doktorant wykazał się następującymi umiejętnościami:

- formułowania i rozwiązywania problemu naukowego,
- przyjmowania uzasadnionych założeń,
- wykorzystania i rozwijania właściwych metod badawczych,
- rozwiązywania postawionych zadań,
- przekonującej prezentacji uzyskanych rezultatów,
- analizy osiągniętych wyników.

Można więc stwierdzić, że Doktorant posiada umiejętność prowadzenia pracy naukowej.

## **8. Przydatność uzyskanych wyników w praktyce**

Opracowana przez Doktoranta metoda optymalizacji przyjętych funkcji celu związanych z ograniczaniem strat mocy i energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych, po dokonaniu odpowiednich modyfikacji i uzupełnień, mogłaby być wykorzystana w ośrodkach planowania pracy i rozwoju sieci dystrybucyjnych. Wspomniane modyfikacje i uzupełnienia dotyczyć mogłyby m.in. zagadnień wyboru innych postaci funkcji celu oraz innych postaci warunków ograniczających (poza tymi, które zostały zdefiniowane), a także uwzględnienia w procesie optymalizacji tych elementów sieci, które zostały pominięte.

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

### **9.1. Uwagi o charakterze ogólnym**

Przedstawia się następujące uwagi o charakterze ogólnym:

1. Proszę o scharakteryzowanie jakości uzyskiwanych rozwiązań (rodzaju optimów) uzyskiwanych za pomocą algorytmu SPSO dla rozważanych w rozprawie zadań optymalizacyjnych.
2. Wydaje się, że dla rozważanych w rozprawie zadań optymalizacyjnych o małej liczbie rozmiarów  $m$ ,  $n$  i  $p$  do określenia jakości uzyskiwanych rozwiązań za pomocą metody SPSO można by wykorzystać metodę przeglądu zupełnego.
3. Szkoda, że w rozprawie brak jest szczegółowych opisów dotyczących funkcjonowania algorytmu SPSO dla konkretnych zadań optymalizacyjnych rozważanych w rozprawie; są zawarte jedynie odniesienia do postaci ogólnej tego algorytmu, podanej w pkt. 3.3.2, 3.3.3, 3.3.6.
4. Proszę o podanie, jak algorytm SPSO, pokazany na rys. 5.5, radzi sobie w sytuacji powstania rozwiązań niedopuszczalnych w kolejnych jego iteracjach.

### **9.2. Uwagi szczegółowe**

Formułuje się następujące uwagi i pytania szczegółowe:

1. Moim zdaniem, liczba pozycji literaturowych (patrz pkt. 2.2.9) dotyczących sztucznych sieci neuronowych (ANN) oraz algorytmów genetycznych (GA) odnośnie do zadania optymalizacji doboru i lokalizacji baterii kondensatorów jest, w stosunku do innych opisanych metod optymalizacji, zbyt mała. Prosiłbym też o wyjaśnienie, dlaczego w

optymalizacyjnych? Proszę też o odpowiedź, czy zostały dotrzymane ograniczenia prądowe?

20. Szkoda, że dla sieci rzeczywistej w Mariupolu nie przedstawiono dla porównania wyników uzyskanych za pomocą innej metody optymalizacyjnej.
21. Pozycje 107 i 110 w spisie literatury są powtórzone.

## 10. Redakcja pracy

Ogólny układ redakcyjny rozprawy jest prawidłowy. Praca zawiera wszystkie zasadnicze elementy, które powinny się znaleźć w rozprawie doktorskiej.

Rozprawa jest napisana poprawnie pod względem edytorskim i redakcyjnym, całość jest zredagowana w sposób logiczny. Wyniki naukowe rozprawy są przedstawione w sposób właściwy. Język rozprawy jest klarowny.

Mam drobne uwagi dotyczące stosowanej terminologii. Dotyczy to np. stosowania pojęcia „binary codification” zamiast pojęcia „binary coding” (pkt 2.3.2) oraz używania pojęcia „fitness function” zamiast pojęcia „objective function” (str. 34, 35).

W rozprawie występują również drobne usterki redakcyjne i językowe. Dotyczą one np. błędnych powołań w tekście na numery tabel. Podrozdział 4.7 powinien mieć nr 4.6. Wzór na współczynnik ograniczenia strat mocy na str. 81 powinien być ponumerowany. Tytuł podrozdziału 5.7.1 powinien być bardziej precyzyjny. Rysunek C.1 jest praktycznie nieczytelny i może mieć jedynie charakter poglądowy. Brak jest powołania w tekście rozprawy na rys. C.2 oraz na tabele C1 i C2. Rysunek C.2 mógłby być trochę powiększony, aby poprawić jego czytelność.

Mniej istotne uwagi o charakterze redakcyjnym umieszczono na recenzowanym egzemplarzu pracy.

Zakres i waga wszystkich uwag o charakterze redakcyjnym nie umniejszają wartości pracy i nie wymagają autorskiej ingerencji w tekst.

## 11. Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Tamera Mohameda Khalila Selima zatytułowana „Electric Power Losses Reduction in Distribution Systems Using Selective Particle Swarm Optimization” prezentuje właściwy poziom naukowy (teoretyczny) w dyscyplinie „Elektrotechnika” i spełnia wymagania sprecyzowane w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 z 2003, poz. 595 ze zmianami). Przedstawione uwagi polemiczne i dyskusyjne w żaden sposób nie podważają przedstawionej oceny poziomu pracy.

Stawiam wniosek o dopuszczenie mgra inż. Tamera Mohameda Khalila Selima do publicznej obrony recenzowanej rozprawy.

Mirosław Parol