



Prof. dr hab. inż. WALDEMAR REBIZANT
Politechnika Wroclawska
Wydział Elektryczny
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
tel. (71) 320 44 58, fax. (71) 320 34 87
e-mail: waldemar.rebizant@pwr.edu.pl

Wrocław, 09 lipca 2015

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr. inż. Tamera Mohameda Khalila SELIMA
pt. „Electric Power Losses Reduction in Distribution Systems
Using Selective Particle Swarm Optimization”
wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki,
Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej
zgodnie z uchwałą Rady Wydziału z dnia 19.05.2015 r.

I. Ogólna charakterystyka tematyki rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Tamera Mohameda Khalila Selima, doktoranta w Politechnice Łódzkiej, napisana pod kierunkiem dr. hab. inż. Ireny Wasiak, prof. PŁ, dotyczy zagadnień związanych z możliwościami redukcji strat w sieciach rozdzielczych. Postawiony cel osiąga się poprzez zastosowanie odpowiedniej rekonfiguracji sieci, właściwy dobór i umiejscowienie kondensatorów i/lub zmianę przewodów linii. Praca wpisuje się w modny i ważny obecnie nurt prac badawczych, których celem jest opracowanie i implementacja nowoczesnych algorytmów (w tym przypadku optymalizacja rojem cząstek) do zadań dotyczących optymalizacji pracy sieci elektroenergetycznych.

Mimo że w literaturze fachowej pojawia się wiele propozycji algorytmów i rozwiązań dot. planowania rozwoju i prowadzenia ruchu sieci, ciągle istnieje potrzeba rozwoju nowych optymalnych metod i ich skutecznej praktycznej implementacji. Znalezienie racjonalnego, ekonomicznie i technicznie właściwego rozwiązania problemu redukcji strat w sieciach jest zagadnieniem trudnym i dotychczas całościowo nie rozwiązany. Można w związku z tym stwierdzić, że tematyka rozprawy jest bardzo interesująca, aktualna i ważna – zarówno z naukowego, jak i technicznego punktu widzenia. Recenzowana praca obejmuje wiele zagadnień i zawiera wiele problemów naukowych i technicznych, nad którymi w ostatnich latach prowadzone są intensywne badania.

Doktorant przedstawił w pracy autorską procedurę optymalizacji sieci rozdzielczych z wykorzystaniem zmodyfikowanego algorytmu SPSO. Przeprowadził badania skuteczności zaproponowanej metody, dowodząc jej przydatności i możliwości implementacji w złożonych układach sieci rozdzielczych.

II. Zawartość rozprawy i jej główne rezultaty

Recenzowana rozprawa liczy 181 stron i zawiera spis treści, wykazy tabel, rysunków, skrótów i symboli, streszczenie, sześć rozdziałów numerowanych, zestawienie literatury oraz trzy załączniki. Układ pracy jest logiczny i nie budzi zastrzeżeń. Spis literatury jest bogaty, zawiera 140 pozycji. Większość zebranej literatury to pozycje stosunkowo nowe, wydane po roku 2000. Dobór pozycji literatury wskazuje, że Doktorant ma dobre rozeznanie w postępie prac nad zagadnieniami redukcji strat w sieciach oraz zastosowaniem algorytmów inteligentnych w elektroenergetyce, a także potwierdza „świeżość” podjętej tematyki.

W **rozdziale 1** (Introduction) Doktorant nakreśla ogólnie tematykę rozprawy oraz uzasadnia konieczność podjęcia badań dot. optymalizacji struktury sieci oraz umiejscowienia kondensatorów w celu redukcji strat w sieci, przy zachowaniu odpowiedniego poziomu napięć w węzłach oraz minimalizacji poziomu THD. Cel pracy jest właściwie określony na tle aktualnych uwarunkowań gospodarczych i technicznych. Na zakończenie rozdziału przedstawiono **tezę pracy**, która mówi o tym, że „**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**”. Teza pracy jest sformułowana poprawnie, a kolejne rozdziały dostarczają dowodów na jej słuszność. Autor postawił również szczegółowe cele pracy, które obejmują przeprowadzenie analizy porównawczej różnych metod minimalizacji strat w sieciach rozdzielczych, opracowanie prostego algorytmu poszukiwania optymalnego rozwiązania dla problemów inżynierskich zdefiniowanych w przestrzeni wartości dyskretnych, zastosowanie zaproponowanego algorytmu do rzeczywistej sieci średniego napięcia oraz ocenę ilościową uzyskanych zysków ekonomicznych.

W **rozdziale 2** (Literature Survey) przedstawiono w uporządkowany sposób przegląd literatury dotyczącej metod i algorytmów stosowanych do znajdowania optymalnego umiejscowienia i wielkości kondensatorów, sposobów rekonfiguracji sieci oraz zmiany przewodów linii. Wskazano na wady i zalety metod analitycznych, programowania numerycznego, metod heurystycznych, systemów ekspertowych, symulacyjnego wyżarzania, sztucznych sieci neuronowych, teorii zbiorów rozmytych, metody przeszukiwania tabu oraz optymalizacji rojem cząstek. Specjalną uwagę poświęcono ostatniemu z omawianych podejść, przedstawiając zastosowania techniki PSO do optymalizacji rozplywu mocy, rozdziału obciążeń, sterowania mocą bierną, planowania produkcji i transmisji energii i innych zadań w elektroenergetyce. Rozdział ten stanowi dobre tło i przyczynek dla dalszych rozważań, w tym przedstawienia własnego, autorskiego algorytmu SPSO opisanego w dalszej części pracy.

W **rozdziale 3** (Particle Swarm Optimization) opisano znany z literatury podstawowy algorytm optymalizacji rojem cząstek, a następnie przedstawiono jego rozszerzenie na problemy poszukiwania w przestrzeni dyskretniej. Rozważono kwestie wyboru parametrów procedury oraz innych współczynników (inertia weight, constriction factor) warunkujących prawidłową pracę i odpowiednią zbieżność algorytmu. Wreszcie, zaproponowano wersję Selective PSO, w której poszukiwane rozwiązania należą do przestrzeni o współrzędnych należących do ciągów standardowych, co umożliwi zastosowanie tej metody do wielu praktycznych zadań inżynierskich, w tym do zagadnień optymalizacji pracy sieci rozdzielczych.

W **rozdziale 4** (Problem Formulation and Implementation of SPSO for Reducing Losses) przedstawiono najpierw przyjęty sposób obliczeń rozplywowych, wyznaczenia poziomu strat w sieci, w tym strat od wyższych harmonicznnych. W dalszej części omówione zostały aspekty aplikacyjne metody SPSO do postawionego w pracy zadania redukcji strat, w tym – dobór parametrów procedury, kroków i ograniczeń przy realizacji rekonfiguracji sieci, umiejscowienia kondensatorów i ewentualnej zmiany przewodów linii, jak również przyjętą funkcję celu i ograniczenia procedury optymalizacji. Rozdział kończą przykłady zastosowania procedury SPSO dla kilku wybranych sieci przy różnych założeniach odnośnie uwzględniania zakłóceń harmonicznnych, zmienności obciążeń w sieci itp. W opinii Recenzenta przedstawione przykłady są trafnie dobrane i dobrze ilustrują możliwości i ograniczenia zaproponowanej metody.

Rozdział 5 (Practical Implementation of SPSO) omawia zastosowanie zaproponowanej metody SPSO do optymalizacji struktury oraz sposobu pracy wybranej rzeczywistej obszernej (274 węzły) sieci miejskiej miasta Mariupol na Ukrainie. Autor podał założenia i ograniczenia oraz zdefiniował przestrzeń poszukiwania dla każdego z możliwych działań. Przeprowadzone badania pozwoliły na weryfikację efektywności zaproponowanej metody, a także wszechstronne

analizy porównawcze, w tym także sprawdzenie wyników dla każdego z działań podejmowanych oddzielnie oraz łącznie. Określono optymalne położenie i wielkość kondensatorów, rozmiar przewodów oraz sposób zmiany struktury sieci dla różnych wariantów i postawionych ograniczeń.

W **rozdziale 6** (Conclusions and Recommendations) dokonano podsumowania rozprawy oraz przedstawiono wnioski końcowe o charakterze teoretycznym i praktycznym. Autor stwierdza, i słusznie, że postawiona w rozprawie teza została udowodniona. Wskazuje również na możliwe kierunki dalszych badań i prac rozwojowych dla opracowania doskonalszych rozwiązań.

Załączniki A, B, C zawierają dane systemów sieciowych wykorzystywanych do testowania opracowanych rozwiązań (5 konfiguracji sieciowych w załączniku A) oraz dane rzeczywistej sieci miejskiej wschodniej części miasta Mariupol na Ukrainie (załączniki B i C).

III. Ogólna ocena rozprawy

Przechodząc do ogólnej oceny rozprawy stwierdzam, że **postawione na wstępie cele zostały przez Doktoranta osiągnięte**. Sposób rozwiązania problemów postawionych w rozprawie wskazuje na dobre opanowanie i zrozumienie przez Autora wielu różnorodnych zagadnień, co było konieczne przy realizacji pracy doktorskiej. Doktorant wykazał się dużą wiedzą, a przeprowadzone badania przyniosły rezultaty, które można uznać za pozytywne efekty ocenianej rozprawy.

Wkład własny Doktoranta do rozwoju wiedzy z dziedziny elektroenergetyki zawarty jest w rozdziałach 3, 4 i 5. Za szczególnie osiągnięcia naukowe i praktyczne Autora rozprawy uważam:

- przeprowadzenie analizy porównawczej różnych technik, które były i/lub mogą być wykorzystane do poszukiwania optymalnych rozwiązań różnych zadań w elektroenergetyce, w tym doboru wielkości i miejsca zainstalowania kondensatorów, rekonfiguracji struktury sieci oraz doboru przewodów linii,
- analizę możliwości zastosowania techniki PSO do optymalizacji planowania i prowadzenia ruchu sieci rozdzielczych z postawionym celem minimalizacji strat sieciowych, przy różnych ograniczeniach natury technicznej i ekonomicznej,
- opracowanie autorskiej wersji algorytmu PSO, dostosowanej do problemu o charakterze dyskretnym – Selective Particle Swarm Optimization,
- wykazanie możliwości implementacji oraz przeprowadzenie wszechstronnego testowania opracowanej metody dla wybranych konfiguracji sieciowych, w tym złożonej, obszernej sieci rzeczywistej.

IV. Uwagi szczegółowe i zapytania

Recenzowana rozprawa jest napisana językiem poprawnym (stylistycznie, gramatycznie i ortograficznie) i zrozumiałym, a szata graficzna nie budzi żadnych zastrzeżeń. Zagadnienia teoretyczne wyjaśnione są w sposób jasny, tekst stosunkowo dobrze się czyta.

Poniżej zestawiam niektóre z zauważonych usterek redakcyjnych oraz wybrane szczegółowe uwagi i pytania merytoryczne, które nasuwają się przy czytaniu ocenianej rozprawy.

A. Usterki redakcyjne

1. Str. iv, str. 71 – Rozdział 4.7 powinien mieć numerację 4.6.
2. Str. ix – Lista symboli została przedstawiona w kolejności innej niż alfabetyczna, co utrudnia czytelnikowi wyszukiwanie symboli i ich znaczenia.

3. Str. 26 – Pewną niezręcznością i brakiem konsekwencji jest zatytułowanie podrozdziału 3.3 identycznie jak rozdziału 3.
4. Str. 27/28 – Rozmiar przestrzeni poszukiwań określony jest zmienną D . We wzorach i tekście poniżej ten sam rozmiar określony jest zmienną d . Jak być powinno?
5. Str. 31, równanie (3.8) – W równaniu nie występuje zmienna K , o której mowa w tekście to równanie poprzedzającym.
6. Nawiasy stosowane we wzorach dla oznaczenia macierzy powinny być pisane czcionką prostą, a nie italic ($[]$ zamiast $[]$).
7. Str. 43, rozdział 4.3, punkt 3 – poszukiwanie należy prowadzić chyba dla każdej współrzędnej przestrzeni, a zatem S_j dla $j=1\dots d$. Niewłaściwe wydaje się zatem użycie zmiennej S_d .
8. Str. 43 – Czy Autor mógłby wyjaśnić, co rozumie pod pojęciem „almost fixed” w odniesieniu do współczynników/parametrów procesu? Czy podając konkretne wartości nie powinien użyć sformułowania „always fixed”?
9. Str. 43 – Niewłaściwe jest odwołanie do Table 4.1 (powinno być 4.3).
10. Str. 43, 45 i dalsze – W odwołaniu do rysunków nie powinno się używać nawiasów, które zarezerwowane są dla równań. Dla przykładu: nie „Fig. (4.2)”, tylko „Fig. 4.2”.
11. Str. 52, Rys. 4.3 – W opisie osi pionowej powinno być THD, zamiast DHT. W poprzedzającym tekście nie został zdefiniowany skrót BCP, który opisuje jedną z krzywych tego rysunku.
12. Str. 56 – Niewłaściwe odwołanie do Table 4.2. Powinno być chyba 4.1.
13. Zmienne pojawiające się w tekście powinny być pisane czcionką italic, podobnie jak we wzorach.
14. W wielu miejscach pracy Autor niepoprawnie używa słowa „different” (w znaczeniu różny od innego rozwiązania) zamiast słowa „various” (w znaczeniu różnorodności).

B. Wątpliwości, uwagi i pytania merytoryczne


1. Str. 2 – Autor pisze, że w swojej pracy zajmuje się sieciami dystrybucyjnymi, które pracują w konfiguracji promieniowej (otwartej). Czy zaproponowany algorytm optymalizacyjny mógłby być zastosowany do sieci typu mieszanego (meshed)? Czy i jak musiałaby się wówczas zmienić procedura optymalizacji?
2. Str. 3 – Niejasne jest stwierdzenie, że „Convergence of such methods [Rec: traditional ones] to an optimal solution depends on the chosen optimal solution”. Proszę o wyjaśnienie, co Autor miał na myśli.
3. Str. 25, 3 wiersz od dołu – Stwierdzenie, że „czas obliczeń [Rec: z wykorzystaniem nowoczesnych metod optymalizacyjnych] jest znacznie krótszy niż przy wykorzystaniu metod tradycyjnych” jest dość ogólne i zapewne nie zawsze prawdziwe. Czy stwierdzenie to opiera się na własnych doświadczeniach Autora, czy jest zaczerpnięte z literatury (brak cytowania)? Proszę o uzasadnienie poparte (w miarę możliwości) przykładami.
4. Str. 26 – Jak Autor rozumie pojęcie „group intelligence of the swarm”?
5. Str. 36 – Krok C aplikacji proponowanej techniki SPSO polega na znalezieniu optymalnego rozwiązania dla każdego z wymiarów przestrzeni poszukiwań. Czy poszukiwanie rozwiązania optymalnego przebiega dla każdego z wymiarów osobno, czy jest to proces skoordynowany? Proszę o wyjaśnienie.
6. Str. 48 – Opisując zastosowanie proponowanej techniki SPSO do systemu 9-węzłowego IEEE dobrze byłoby podać jego konfigurację (rysunek). Brak tych danych utrudnia analizę przedstawionych wyników optymalizacji.

7. Str. 55 – Wyniki dotyczące redukcji strat uzyskiwanych z wykorzystaniem techniki SPSO są niemal identyczne, jak dla cytowanej metody „exhaustive search”. Brak wyraźnej przewagi nie dyskwalifikuje propozycji SPSO, ale chyba wymaga komentarza. Nie jest również jasne, jak duże efekty/różnice uzyskuje się dla przypadku liniowych obciążeń. Czy Autor przeprowadził podobne obliczenia? Jeśli tak, to jakie wyniki uzyskano?
8. Str. 76 – Czy pomiary THD i innych wielkości w sieci rzeczywistej były wykonane przez Doktoranta? Jeśli tak, jakiego sprzętu pomiarowego i w jakiej konfiguracji użyto? Czy pomiary w różnych miejscach sieci były wykonywane synchronicznie? Proszę o więcej informacji na ten temat.
9. Str. 76, Fig. 5.2 – Przedstawiony na rysunku model sugeruje, że obciążenie zmieniało się skokowo. Czy zmiana ta dotyczyła wszystkich węzłów sieci jednocześnie? Co oznaczają poziomy „heavy”, „medium”, „light”? Czy można podać procentowy poziom mocy lub prądu obciążenia względem wartości nominalnych?
10. Str. 83 – Autor pisze, że najlepsze wyniki uzyskano dla roju składającego się z 500 cząstek. Czy liczność roju była parametrem podlegającym optymalizacji? Jeśli tak, to jaką metodą? Czy Autor mógłby podać zasady/wskazania dotyczące doboru liczności roju dla uzyskania możliwie najlepszych rozwiązań dla zadań optymalizacyjnych w systemie el-en.?
11. Str. 92, Fig. 5.9 – Zastanawiający jest bardzo niski poziom napięcia (<80%) w dość znacznej liczbie węzłów sieci przed przeprowadzeniem optymalizacji. Co było powodem tak dużych odchyień (spadków) napięcia przekraczających przyjęte normy? Czy takie poziomy napięć są typowe i trwale występujące w analizowanej sieci?

V. Wniosek końcowy

Uwagi podniesione przy ocenie głównych rezultatów rozprawy, a następnie zamieszczone komentarze oraz pytania szczegółowe nie wpływają na moją ocenę recenzowanej rozprawy, która jest **jednoznacznie pozytywna**. Uważam, że rozprawa ta wnosi **istotny wkład do problematyki planowania rozwoju i prowadzenia ruchu sieci**. Opiniowana rozprawa doktorska stanowi **oryginalne podejście do rozwiązania interesującego, aktualnego i bardzo ważnego dla praktyki problemu naukowego**. Przedstawione przez Autora rozprawy rezultaty są interesujące, wnioski są logiczne, pokazują zalety badanego rozwiązania, tym samym udowadniając postawioną tezę naukową. Recenzowana rozprawa wykazuje ponadto **odpowiednią ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie naukowej Elektrotechnika** oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stwierdzam, że rozprawa opracowana przez mgr. inż. Tamera Mohameda Khalila Selima **spełnia wymagania** stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym z dnia 14 marca 2003 r. (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595) wraz z jej nowelizacją z dnia 18 marca 2011 r. **Wnioskuje o dopuszczenie jej do publicznej obrony**.


Waldemar Rebizant