

Dr hab. inż. Jerzy Tchórzewski, prof. uczeni  
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach  
Wydział Nauk Ścisłych, Instytut Informatyki  
08-110 Siedlce, ul. 3-Maja 54

Siedlce, 06.08.2020 r.

**Adres do korespondencji:** 08-110 Siedlce, ul. Starowiejska 47a

**Dotyczy:**

Umowa nr 17/06/PRR/2020 z dnia 24.06.2020 r.  
na opracowanie recenzji

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
dla Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej**

Tytuł rozprawy:

**Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji pracy mikrosieci**

Autor rozprawy: **mgr inż. Dominika Kaczorowska**

Promotor: **dr hab. inż. Jacek Rezmer, prof. uczelni**

Promotor pomocniczy: **dr hab. inż. Przemysław Janik, prof. uczelni**

Miejsce wydania rozprawy: **Wydział Elektryczny Politechniki Wrocławskiej, Wrocław**

Rok wydania rozprawy: **2020 r.**

**1. Doktorantka w sposób jasny i wyczerpujący wskazała, że:**

**„Metody inteligencji obliczeniowej są skutecznym narzędziem optymalizacji parametrów urządzeń pracujących w mikrosieci oraz algorytmów sterowania przepływem energii”,**

a tym samym zrealizowała postawiony cel rozprawy i udowodniła tezę, co wiązało się m.in. z wykonaniem następujących zadań naukowych:

- analizy literatury przedmiotu w zakresie urządzeń pracujących w mikrosieci oraz w zakresie dostępnych metod inteligencji obliczeniowej,
- analizy i oceny algorytmów inteligencji obliczeniowej w aspekcie przyjętych do rozwiązania problemów badawczych,
- opracowania modelu mikrosieci do obliczania rozptyłów mocy, a także opracowania scenariuszy sterowania przepływem energii w mikrosieci z uwzględnieniem sterowania zasobnikiem energii,
- zastosowania wybranych metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji parametrów urządzeń, które są częścią mikrosieci, w oparciu o scenariusze sterowania przepływem energii,
- zwiększenia dokładności metod i skrócenia czasu dochodzenia do rozwiązania przez modyfikacje parametrów algorytmów.

Już na początku Autorka ogranicza liczbę algorytmów inteligencji obliczeniowej możliwych do wykorzystania w prowadzonych badaniach do czterech, chociaż opisuje ich znacznie więcej, to jest dokonuje doboru do dalszych badań szczegółowych następujących algorytmów, a mianowicie:

- algorytmu rojowego (PSO),
- algorytmu genetycznego (GA),
- algorytmu siły centralnej (CFO),
- algorytmu grawitacyjnego GSA),

które następnie porównuje ze sobą z punktu widzenia m.in. szybkości ich działania w osiągnięciu wartości funkcji celu z zadaną dokładnością (liczoną liczbą kroków iteracji) oraz uzyskiwania minimalnego błędu wartości funkcji celu osiąganego po zadanej liczbie kroków iteracji, przy uwzględnianiu błędu związanego z wyznaczeniem rozwiązania zadania badawczego. Z przeprowadzonego porównania w oparciu o różne funkcje testowe Doktorantka wskazała algorytm rojowy jako najbardziej przydatny do rozwiązywania założonych w rozprawie problemów badawczych.

## **2. Przegląd metod inteligencji obliczeniowej oraz przeprowadzony sposób doboru i przeprowadzone badania tych metod z punktu widzenia wykorzystania ich w badaniach eksperymentalnych oceniam bardzo wysoko.**

Autorka zaproponowała nowe scenariusze sterowania przepływem energii w mikrosieci oraz wykonała symulacje przepływów dla parametrów rzeczywistych obiektów wykorzystując w szczególności algorytm rojowy m.in. do optymalizacji trzech zagadnień, a mianowicie:

- optymalizacji parametrów instalacji fotowoltaicznej oraz zasobnika energii przy znanych parametrach scenariusza sterowania przepływem energii w mikrosieci,
- optymalizacji parametrów zasobnika energii przy znanej mocy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej oraz parametrach scenariusza sterowania przepływem energii w mikrosieci,
- optymalizacji parametrów scenariusza sterowania przepływem energii przy znanej mocy zainstalowanej generacji fotowoltaicznej oraz zadanych parametrach zasobnika energii.

Cele scenariuszy obejmowały wyrównywanie obciążenia do zadanej krzywej oraz minimalizację wymiany energii między mikrosiecią a systemem dystrybucyjnym, w tym z uwzględnieniem mocy biernej.

Badanie sprawności ww. czterech algorytmów inteligencji obliczeniowej pani mgr inż. Dominika Kaczorowska wykonała w sposób profesjonalny w oparciu o wybrane funkcje testowe, a w szczególności o funkcje: Rastrigina, Rosenbrocka oraz Sphere, przy ustalonej liczbie parametrów początkowych 1 000 (cząstek roju, liczby osobników, liczby obiektów, itp.). Ustaliła m.in. po jakiej liczbie iteracji funkcja celu osiągnęła wartość zero, z jakim błędem wyznaczone jest położenie i-tego osobnika, itp. Badania porównawcze Doktorantka przeprowadziła w sposób poprawny wykazując m.in., że najsprawniejszym algorytmem w zakresie szybkości działania i wartości popełnianego błędu jest algorytm roju cząstek, a najgorszym - algorytm siły centralnej, który często utykał w minimach lokalnych, przy czym algorytm genetyczny miał długi czas osiągnięcia wyniku, a algorytm grawitacyjny najdokładniej wyznaczał położenie najlepszego rozwiązania.

Do szczegółowego badania Autorka przyjęła zatem w sposób oczywisty algorytm rojowy i zbadała m.in. wpływ inercji na prędkość poruszania się cząstki z zastosowaniem różnych funkcji inercji w celu ustalenia optymalnych parametrów dla różnych problemów optymalizacyjnych. W wyniki poprawnie wykonanych badań Kandydatka ustaliła m.in., które z nich sprawiają, że algorytm jest szybszy i dokładniejszy, przy czym najgorsze wyniki otrzymała dla stałej wartości inercji oraz dla jednej z adaptacyjnych wartości inercji oznaczonej

jako *Adaptacyjna2*. Badania wykonała w sposób bardzo wszechstronny, wskazując m.in. że najszybszym algorytmem rojowym (z najmniejszą liczbą iteracji) był algorytm z inną funkcją adaptacyjną tzw. *Adaptacyjna3*, przy czym Autorka nie wykazała, która wartość funkcji bezwładności ma największy wpływ na wartość błędu przy zastosowaniu wszystkich badanych funkcji testowych, ale wskazała, że dla wszystkich zbadanych przypadkach (poza funkcją testową Beale, dla której wynosił od 0 do 0,8189) błąd był bardzo niski i wynosił od 0 do  $3,03 \cdot 10^{-7}$ .

Doktorantka zbadła ponadto wpływ współczynników przyspieszenia (tzw.  $C_1$  oraz  $C_2$ ) dla 13 funkcji inercji i 12 funkcji testowych na prace algorytmu rojowego, a zwłaszcza na popełnianie błędy przy wyznaczaniu rozwiązania oraz na błąd funkcji celu po określonej liczbie iteracji. Uzyskane wyniki zależności błędu obliczanego rozwiązania w zależności od wartości obu współczynników p. mgr inż. Dominika Kaczorowska przedstawiła na rys. 3.4 na str. 47 oraz w tabeli 3.13. na str. 49, przy czym nie przeprowadziła szerszej dyskusji otrzymanych wyników, zwłaszcza w kontekście wpływu funkcji inercji. Wskazała tylko, że w przypadku funkcji Rosenbrocka najmniejsza wartość błędu znajduje się na bardzo małych obszarach, nie podając jednak jak małe są to obszary w stosunku do badanego obszaru i jak zinterpretować wówczas wpływ odrębnie każdego z obu współczynników przyspieszenia na otrzymywany wynik.

Natomiast brak jest w ogóle szerszej dyskusji otrzymanych wyników w zakresie wpływu współczynników przyspieszenia na błąd wartości funkcji celu zamieszczonych na rys. 3.5. Ponadto brak jest też szerszej dyskusji uzyskanych wyników w przeprowadzonym badaniu wpływu wielkości roju i maksymalnej liczby iteracji na wartość błędu wyznaczanego rozwiązania oraz na błąd obliczanej funkcji celu, w których to przypadkach Autorka wprost odsyła do formy graficznej wyników (rys. 3.6, rys. 3.7) oraz tab. 3.14, nie wskazując w sposób jednoznaczny co znajduje się na poszczególnych rysunkach, osiach i jakie są jednostki związane z poszczególnymi wielkościami, co jednakże nie ma większego wpływu na wartość rozprawy.

Ciekawym i bardzo istotnym uzupełnieniem prowadzonych badań nad algorytmem rojowym są wyniki dotyczące objętości i charakterystyki struktury roju zaproponowane przez Doktorantkę jako nowa metoda analizy struktury roju podczas kolejnych kroków iteracji oparta na obliczaniu objętości roju w wielowymiarowej przestrzeni. Autorka zaproponowała m.in. nową metodę obliczania objętości otoczki wypukłej algorytmem Jarvisa. Taka otoczka jest wyznaczana w każdym kroku iteracji i liczona następnie objętość bryły w hiperprzestrzeni jako objętość roju, która maleje w kolejnych krokach iteracji. Oprócz objętości roju Doktorantka proponuje badanie charakterystyki struktury roju poprzez wyznaczanie objętości kolejnych otoczek wypukłych i ich eliminację nie przeprowadzając szerszej dyskusji otrzymanych wyników tylko ponownie odsyła do ilustracji graficznej na rys. 3.9 na str. 53 i dalszych wyników (rys. 3.10 do 3.13). Pewnym niedociągnięciem w tym miejscu jest brak sformalizowanej matematycznie definicji takiej struktury oraz przykładów liczbowych jej zmian, czy też dowodu prawidłowości funkcjonowania metody, niemniej ww. propozycja tym bardziej wyznacza nowy kierunek badań.

**3. Opis obiektu eksperymentu badawczego, a więc systemu elektroenergetycznego, a w tym zwłaszcza definicja i opis mikrosieci** Doktorantka podała w sposób prawidłowy, przedstawiła w sposób przejrzysty i odpowiedni do przyjętej tezy badawczej. Poprawnie także wykorzystwała metody inteligencji obliczeniowej do optymalizacji parametrów mikrosieci.

W sposób wystarczający Autorka zdefiniowała mikrosieć jako sieć rozdzielczą niskiego napięcia lub średniego napięcia, która łączy w sobie źródła wytwórcze i odbiorców energii o wielkości kilka MW/MVA stanowiąc zarówno jednostkę prądu stałego DC jak

i przemiennego AC. Zwróciła uwagę, że wśród źródeł wytwórczych wchodzących w skład mikro sieci znajdują się m.in.: mikroturbiny, ogniwa paliwowe, ogniwa fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, małe elektrownie wodne, itp., a do urządzeń magazynujących energię zaliczyła m.in.: akumulatory chemiczne, koła zamachowe, nadprzewodniki, superkondensatory, itp. Wyróżniła przy tym dwa tryby pracy mikro sieci: tryb w warunkach integracji systemu z siecią oraz w tryb samodzielnej pracy mikro sieci. Taka definicja mikro sieci jest co prawda zgodna z definicjami występującymi w literaturze przedmiotu, niemniej nie jest adekwatna do definicji występujących w makroskali, to jest do sieci elektroenergetycznej lecz raczej do definicji systemu elektroenergetycznego, co bardziej odpowiada definicji mikro systemu.

Na uwagę zasługuje także poprawnie wykonany przez Doktorantkę, choć w sposób bardzo syntetyczny opis pracy wyspowej mikro sieci z zapewnieniem niezawodności zasilania oraz z zapewnieniem źródła zasilania rezerwowego. Ze względu na przyjęty przykład badawczy słusznie dużo miejsca Doktorantka poświęciła zasobnikom energii, w tym zwłaszcza akumulatorom chemicznym, z szczegółowym opisem jego charakterystyki. Pani mgr inż. Dominika Kaczorowska przyjęła przy tym różne rodzaje scenariuszy sterowania przepływem energii w mikro sieci, a optymalizację pracy przeprowadziła z wykorzystaniem algorytmu roju cząstek. Były to m.in. cztery scenariusze, a mianowicie:

- prosty scenariusz sterowania przepływem mocy w mikro sieci,
- scenariusz sterowania przepływem mocy w mikro sieci minimalizujący wymianę energii z systemem elektroenergetycznym,
- scenariusz sterowania przepływem mocy ze współczynnikami  $\alpha$  oraz  $\beta$ , określającymi jaka część mocy zostaje pobrana bądź oddana przez zasobnik oraz system elektroenergetyczny,
- scenariusz sterowania przepływem mocy w mikro sieci wyrównujący moc pobieraną z systemu elektroenergetycznego do zadanej wartości.

Po wybraniu scenariusza sterowania przepływem energii Autorka przystąpiła do wymiarowania elementów mikro sieci. **Przyjęła do szczegółowych badań optymalizacyjnych m.in.:**

1) ***optymalny wybór parametrów instalacji fotowoltaicznej PV oraz zasobnika energii z nią współpracującego.*** Wybór funkcji celu jak też optymalizację przeprowadziła dla scenariusza sterowania przepływem mocy ze współczynnikami  $\alpha$  oraz  $\beta$ , określającymi jaka część mocy zostanie pobrana bądź oddana przez zasobnik oraz system elektroenergetyczny, **a zatem przykład do eksperymentu został dobrany adekwatnie do postawionej tezy.** W sposób bardzo merytoryczny wymiarowanie parametrów mikro sieci Doktorantka przeprowadziła dla czterech skrajnych różnych parametrów  $\alpha$  oraz  $\beta$  przy 30 próbkach dla każdego miesiąca, co doprowadziło ją do stwierdzenia, iż bardzo ważny jest dobór odpowiedniego scenariusza sterowania przepływem energii w procesie optymalizacji, gdyż można wówczas nie tylko zoptymalizować wartości poszczególnych elementów mikro sieci, ale też w następstwie efektywnie sterować ich pracą.

Autorka odnotowała przy tym też m.in. inne ciekawe wyniki badań, które pojawiają się dla współczynników  $\alpha$  oraz  $\beta$  wynoszących odpowiednio 0,75 i 1,0, kiedy uzasadniona jest większa pojemność maksymalna zasobnika energii, większa wartość mocy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej PV oraz wyższe moce, z jakimi jest ładowany i rozładowywany zasobnik, gdyż dla mniejszych wartości współczynników wymienione wartości są niewielkie, czy też minimalne. Otrzymane wyniki zostały szczegółowo pokazane na 16 rysunkach ilustrujących rozplwy mocy w mikro sieci (rys. 6.26 – rys. 6.41) oraz na 8 rysunkach ilustrujących zmianę energii zgromadzonej w zasobniku (rys. 6.42-rys. 6.49). Pewnym niedosytem jest brak szerszego ich omówienia w tekście, jak też przeprowadzenia szerszej dyskusji. Jednakże w to

miejsce Pani mgr inż. Dominika Kaczorowska w podsumowaniu w sposób bardzo syntetyczny omówiła otrzymane wyniki, a m.in. wskazała, że przy niskich współczynnikach  $\alpha$  oraz  $\beta$  zasobnik energii w ogóle nie pracuje lub pracuje w niewielkim stopniu, a wartość mocy zainstalowanej instalacji fotowoltaicznej PV jest niewielka, jak też niewielka jest pojemność zasobnika oraz wartość mocy ładowania i rozładowania, co sprawia (zwłaszcza zimą przy zdecydowanie mniejszym nasłonecznieniu), że nie ma wówczas naładowania zasobnika bez współpracy z siecią nadrzędną, a zatem praca zasobnika jest potrzebna dla wyższych parametrów  $\alpha$  oraz  $\beta$ .

2) *w instalacji mikrosieci znajduje się instalacja fotowoltaiczna PV o mocy 60 kW, natomiast optymalizacja dotyczy doboru parametrów zasobnika energii.* Podobnie jak w pierwszym przypadku wymiarowanie parametrów zasobnika Doktorantka zrealizowała dla czterech skrajnych przypadków, czterech różnych parametrów  $\alpha$  oraz  $\beta$  przy 30 próbach odnotowując, że ze względu na stosunkowo wysoką wielkość mocy zainstalowanej PV już dla współczynników  $\alpha$  oraz  $\beta$  wynoszących po 0,5 wraz ze wzrostem udziału systemu dystrybucyjnego w pracy mikrosieci pojemność maksymalna zasobnika energii wzrastała, a dla wartości bliskich zero lub równych 0,0 zasobnik nie pracował w ogóle oraz im wartości obu parametrów stawały się bliższe jedności tym więcej mocy zasobnik mógł pobrać bądź oddać do sieci dystrybucyjnej, co zostało szczegółowo zilustrowane na 16 rysunkach z rozplywami mocy (rys. 6.50 - rys. 6.65) oraz dwóch rysunkach ilustrujących zmiany energii zgromadzonej w zasobniku (rys. 6.66 – rys. 6.67). Podobnie jak w pierwszym przypadku brak jest szerszej dyskusji i interpretacji uzyskanych wyników badań.

3) *dane są parametry urządzeń pracujących w mikrosieci, ale optymalizacji podlega scenariusz sterowania przepływem energii, to jest parametry  $\alpha$  oraz  $\beta$  w zależności od wielkości mocy zainstalowanej PV.* Parametry zasobnika nie ulegają zmianie, pojemność minimalna wynosi 10 kWh, maksymalna – 50 kWh, a moce ładowania i rozładowania odpowiednio 10 kW oraz 15 kW. Doktorantka w tym przypadku odnotowała m.in., że niezależnie od wielkości mocy zainstalowanej parametr  $\alpha$  odpowiadający za przekazywanie odpowiedniej części energii zgromadzonej w zasobniku na pokrycie zapotrzebowania wynosił średnio 1,00, co oznacza, że cała dostępna moc zasobnika oddawana jest na rzecz obciążenia, a więc bliską zero jest moc pobierana z systemu dystrybucyjnego.

Podobnie zauważyła, że w przypadku, gdy parametr  $\beta$  odpowiadający za stopień naładowania zasobnika mocą pochodzącą z generacji PV wynosił 1,00 wówczas zasobnik był naładowany maksymalnie dopuszczalną mocą przez generator fotowoltaiczny, a mniejsza jego wartość oznaczała, że większa część mocy wygenerowanej przez instalację PV była przesyłana do sieci. Wyróżniła przy tym dwa przypadki szczególne, to jest, gdy występuje współczynnik  $\alpha$  w sytuacji mocy wygenerowanej przez instalację fotowoltaiczną na pokrycie całości zapotrzebowania oraz gdy współczynnik  $\beta$  jest niezerowy w przypadku nadmiaru mocy wygenerowanej przez instalację fotowoltaiczną. Podobnie jak w obu wcześniejszych przypadkach wyniki badań zostały zilustrowane na 16 rysunkach (rys. 6.74 – 6.89) dotyczący rozplywów mocy w mikrosieci w różnych dniach i dla różnej wysokości mocy zainstalowanej oraz na 8 rysunkach (rys. 6.90 – rys. 6.97) dotyczących zmiany energii zgromadzonej w zasobniku w konkretnym czasie i dla konkretnej mocy zainstalowanej PV.

W rezultacie przeprowadzonych badań pani mgr. inż. Dominika Kaczorowska zamieściła podsumowujący badania wykres zmienności parametrów  $\alpha$  oraz  $\beta$  dla warunków optymalizacji przeprowadzonej w poszczególnych miesiącach badanego okresu (rys. 6.98) i odnotowała m.in., że podczas sterowania przepływem energii w mikrosieci uzasadniona jest zmiana wartości parametrów  $\alpha$  oraz  $\beta$  dla każdego miesiąca, przy czym optymalna wartość parametru  $\beta$  jest dużo niższa w okresach mniejszego nasłonecznienia, to jest na terenie Polski w okresie od X do IV. Podobnie jak w pierwszym i w drugim przypadku brak jest szerszej dyskusji

i bardziej szczegółowej interpretacji uzyskanych wyników badań, co sprawiło, że w podsumowaniu Autorka odsyła Czytelnika do wykresów znajdujących się na rysunkach.

**4. Badanie strategii sterowania przepływem energii w mikrosieci sprawdzono dla różnych szczególnych przypadków, a w szczególności sprawdzono rozpiętość dla czterech różnych marginesów określających poziom pobierania mocy z systemu dystrybucyjnego, dla jednego dnia (16.07.2019r.) i jednego tygodnia (16-22.07.2019 r.) dla mikrosieci ze źródłem wytwórczym w postaci instalacji fotowoltaicznej oraz elektrowni wodnej.** Ww. scenariusz Kandydatka zbadala w sposób bardzo profesjonalny w warunkach wyrównywania obciążenia do zadanego poziomu, a następnie do zadanej krzywej, tak aby m.in. dopasować wielkość ceny do wolumenu energii. Sterowanie pracą zasobnika energii wzmocniła algorytmem rojowym w celu wyrównania obciążenia do zadanej krzywej. Doktorantka umiejętnie poprzedziła badania analizą stałoprądową w celu sprawdzenia sposobu pracy mikrosieci dla zadanych scenariuszy sterowania przepływem energii, w tym w szczególności pokazała działanie algorytmu wyrównującego obciążenie jaką jest mikrosieć do zadanej prostej, a następnie do zadanej krzywej dla czterech różnych wartości marginesu mocy wymiany między siecią oraz systemem nadrzędnym, przy warunkach sterowania deterministycznego, dla mocy zainstalowanej PV 60 kW, zasobnika o pojemności 50 kWh oraz mocy 50 kW. Autorka zauważyła m.in., że zbyt wysoki margines powoduje naładowanie zasobnika do pełnej pojemności i późniejszy brak jego pracy, a nadmiar wygenerowanej mocy przesyłany jest do systemu dystrybucyjnego, przy czym przy mniejszej wartości marginesu przez dłuższy czas udaje się utrzymać stałe obciążenie, przy czym zasobnik pracuje częściej.

Podobny eksperyment Doktorantka przeprowadziła dla danych tygodniowych i stwierdziła m.in., że w pewnych przypadkach rozsądniejsze jest wybranie mniejszego marginesu wymiany mocy między mikrosiecią i siecią dystrybucyjną w celu utrzymania obciążenia na stałym poziomie, co jednakże związane jest z ryzykiem wykroczenia poza margines, gdy tymczasem dla wyższej wartości marginesu jest pewność jego utrzymania na stałym poziomie, co jest bardziej korzystne dla mikrosieci o odbiorze o stałej wartości. Z wyżej wymienionych przyczyn Doktorantka uznała, że warto zoptymalizować margines w określonym przedziale czasu np. za pomocą algorytmu rojowego PSO, aby otrzymać optymalny przebieg marginesu w postaci funkcji schodkowej. Następnie przeprowadziła badania wyrównywania mocy obciążenia do zadanej krzywej, związanej np. z kosztami kupna bądź sprzedaży energii, za pomocą opracowanego scenariusza. W sposób kompletny sprawdziła przy tym różne scenariusze dla danych dotyczących jednego dnia, a m.in.: wyrównywanie obciążenia jakie stanowi mikrosieć do prostej o malejącej wartości w ciągu dnia, wyrównanie obciążenia do zadanej krzywej opisaną konkretną funkcją (zadana funkcja została utworzona w oparciu o funkcję sinus()) oraz dla krzywej zadanej w postaci funkcji schodkowej.

Następnie Doktorantka powtórzyła eksperyment dla danych tygodniowych dla dwóch przedziałów marginesu krzywej, to jest 10 - 20 kW oraz 10 - 30 kW. W wyniku ww. eksperymentów uzyskała bardzo ważne wyniki badań, a m.in. prowadzące do stwierdzenia, że **rozszerzenie granic, w których mieściła się krzywa poprawia efektywność realizacji algorytmu** (nie podając jednak konkretnie o ile), przy czym wyższe wartości szczytów dla krzywej umożliwiły ładowanie zasobnika energii w dniach niedoboru generacji, a odpowiednio dobrana funkcja poprawiła pracę mikrosieci z możliwością zmniejszenia poboru mocy w szczycie zapotrzebowania. Zauważyła zatem w wyniku przeprowadzonych badań, że celem jest optymalizacja kształtu krzywej wymiany mocy, przy czym scenariusz umożliwia nie tylko sterowanie przepływem energii w mikrosieci **ale przy zastosowaniu algorytmu rojowego także daje możliwość optymalnego doboru urządzeń pracujących w mikrosieci.**

Autorka swoje badania rozszerzyła na zastosowanie algorytmu rojowego PSO do sterowania zasobnikiem energii stwierdzając,  **iż ma sens takie uzupełnienie strategii w przypadku**

niewielkiej generacji, kiedy rzadko udaje się osiągnąć zamierzone wyniki za pomocą dobrze spisujących się w normalnych warunkach scenariuszy sterowania przepływem energii w mikrosieci, co jest bardzo ważnym wnioskiem z przeprowadzonych badań. Należy dodać, że w zaprojektowanym i zrealizowanym eksperymencie Kandydatka poprawnie ustaliła parametry algorytmu rojowego PSO, w tym **jako funkcję celu w przestrzeni 144-wymiarowej przyjęła słusznie błąd średniokwadratowy dopasowania do zadanej krzywej wymiany mocy między mikrosiecią i systemem nadrzędnym, co dodatkowo uzasadniało zastosowanie algorytmu rojowego**, który jak poprawnie odnotowała dobrze poradził sobie z optymalizacją w stosunkowo krótkim czasie, nie podając jednakże istotnego w tym przypadku czasu trwania eksperymentu z zastosowaniem algorytmu rejonowego, ani kosztu algorytmu. Przy tym jednak dodała, że przez większość czasu (też nie podając jaki konkretnie okres) algorytm PSO zdołał tak sterować mocą zasobnika, żeby dopasować się do zadanej krzywej, a zasobnik pracował intensywnie przez cały badany dzień (16.07.2029 r.) kiedy moc ładowania i rozładowywania zasobnika pokrywały się z mocą zadaną przez algorytm PSO.

Na podkreślenie zasługuje fakt, iż Autorka rozpatrzyła także skrajnie trudniejsze przypadki jak np.:

- **sytuację, gdy wygenerowanej mocy nie starcza na pokrycie zapotrzebowania**, co zbadała dla danych dotyczących dnia zimowego (15.12.2019 r.), uzyskując takie sterowanie zasobnikiem energii, że moc wymiany z systemem dystrybucyjnym zawsze znajduje się bardzo blisko zadanej krzywej, a moc ładowania i rozładowywania zasobnika pokrywała się lub była blisko przebiegów mocy zadanych przez PSO;
- **sytuację, gdy moc wygenerowana jest równa zero**, kiedy także pomimo braku mocy do pokrycia zapotrzebowania algorytm PSO przez cały czas trwania eksperymentu utrzymywał sterowanie blisko zadanej krzywej, a moc ładowania i rozładowywania zasobnika podyktowane przez zasobnik PSO pokrywały się z mocami ładowania i rozładowywania wynikającymi z charakterystyk zasobnika;
- **sytuację, gdy krzywa zadana jest na stałym poziomie 15 kW** (w dniu 15.12.2019 r.), kiedy mimo niewielkiej wartości wygenerowanej mocy, moc pobrana z systemu przez dużą część czasu (nie podając jaką konkretnie?) pokrywała się z zadaną prostą, a w pozostałym okresie blisko niej, przy czym zauważyła, że większość mocy wygenerowanej zużywana była na doładowywanie zasobnika energii, ale występowała duża odstępstwo mocy ładowania i rozładowywania zasobnika podyktowanymi przez algorytm od przebiegów wynikających z charakterystyki ładowania i rozładowywania zasobnika, co w niewielkim stopniu dotyczyło energii zgromadzonej w zasobniku;
- **sytuację, gdy krzywa zadania była o charakterze sinusoidalnym** (w dniu 15.12.2019 r.), ale ten przypadek został jedynie zilustrowany graficznie (rys. 7.51 str. 118) w postaci rozptyłów mocy w mikrosieci oraz zmianie energii zgromadzonej w zasobniku, bez żadnej dyskusji i interpretacji wyników.

Z porównania sterowania zasobnikiem energii przeprowadzonym na podstawie scenariusza oraz za pomocą algorytmu rojowego PSO Doktorantka uzyskała szereg bardzo istotnych wyników badań, a m.in.:

- wykazała m.in., że algorytm rojowy PSO w okresie kiedy nie udało się mu dopasować do zadanej krzywej to potrafił znajdować się blisko niej nie wskazując jednakże jak blisko (jaki był błąd),
- zwróciła uwagę na dużą rolę w dopasowaniu się do krzywej zasobnika energii przez jego ładowanie i rozładowywanie,

- zastosowanie scenariusza sterowania przepływem energii pozwoliło na bardziej dokładne dopasowanie się do zadanej krzywej niż zastosowanie algorytmu rojowego PSO, przy czym w przypadku braku dopasowania wartość pobieranej mocy mocno odbiegała od zadanej krzywej (nie podając szczegółów jak mocno?), ale zastosowanie algorytmu rojowego sprawiało, że tam, gdzie brak było dopasowania poboru mocy z systemu do zadanej wartości to wartość pobieranej mocy zawsze znajdowała się bardzo blisko zadanej krzywej.

Autorka dalej słusznie zauważyła, że uzyskane przez nią rezultaty potwierdzają, że algorytm roju cząstek bardzo dobrze sprawdza się w optymalizacji wielowymiarowej jaką jest dopasowanie mocy pobieranej i oddawanej do systemu dystrybucyjnego do krzywej o zadanym kształcie, gdy nawet w przypadku, gdy moc generowana była niewystarczająca to obliczona krzywa obciążenia znajdowała się bardzo blisko zadanej krzywej.

Rozprawę wzbogaca bardziej szczegółowa analiza, która została przeprowadzona przez p. mgr inż. Dominikę Kaczorowską metodą zmiennoprądową, kiedy to w trakcie liczenia rozplływów Autorka sprawdziła poziomy napięcie w węzłach, straty mocy na poszczególnych liniach łączących elementy wchodzące w skład mikrosieci oraz rozplwy mocy biernej, po czym przeprowadziła optymalizację wybranych parametrów. Istotnym krokiem przeprowadzonych obliczeń było zbadanie jak algorytm wyrównujący obciążenie zachowuje się w przypadku badania rozplływów mocy w analizie zmiennoprądowej. Rozplwy Doktorantka policzyła z użyciem programu Matpower, który stanowi bibliotekę środowiska MATLAB, przy czym nie podała wersji programu oraz nie przywołała w wykazie literatury przynajmniej odpowiedniego przewodnika, z którego korzystała przy przeprowadzanych badaniach.

Przykład dotyczył mikrosieci złożonej z jednego zasobnika, jednego źródła PV, połączenia z systemem dystrybucyjnym oraz połączenia z systemem odbiorców, w sumie 4 węzłów oraz 4 linii, dla których podano: długość [km], rezystancję [pu] oraz impedancję [pu]. Rozplwy policzono dla 10 minutowych danych pomiarowych generacji i obciążenia z 16.07.2019 r., wielkość mocy zainstalowanej PV wynosiła 60 kW, maksymalna pojemność zasobnika wynosiła 50 kWh, a moc 50 kW, przy czym zarówno instalacja fotowoltaiczna PV jak też zasobnik energii generowały tylko moc czynną, podobnie też zasobnik i odbiór pobierały tylko moc czynną, a moc bierna wynikała tylko ze strat na liniach i była w całości pokrywana z systemu dystrybucyjnego.

Autorka sprawdziła wymianę mocy z systemem dystrybucyjnym w przypadku zainstalowania zasobnika w mikrosieci i w przypadku jego braku oraz przeprowadziła analizę zgromadzonej w zasobniku energii w czasie (nie podając w jakim konkretnie?). Zbadała także straty mocy czynnej i biernej w liniach, stwierdzając m.in., że zastosowanie opracowanego scenariusza sterowania przepływem energii w mikrosieci w połączeniu ze specjalizowanym oprogramowaniem obliczania rozplływów mocy w sieci elektroenergetycznej, to jest Matpower środowiska MATLAB pozwala na numeryczne sprawdzenie rozplływów mocy z uwzględnieniem mocy czynnej i mocy biernej.

Doktorantka sformułowała także kilka ważnych wniosków tego typu jak np., że proponowany algorytm przez dużą część analizowanej doby pracy mikrosieci radził sobie również z utrzymaniem poboru mocy z systemu nadrzędnego na stałym poziomie, w trakcie szczytu mocy generowanej przez instalację PV, z powodu nadmiernego naładowania zasobnika energii, część wygenerowanej mocy przesłana została do systemu dystrybucyjnego, czy też moc bierna pobierana przez mikrosieć wynikała ze strat w liniach, moc bierna strat w całości pokrywana była przez system dystrybucyjny, a napięcia w węzłach mieściło się w przedziale od  $0,994 U_N$  do  $1,01 U_N$ , czyli na poziomie zgodnym z normą PN-EN 50160:2010.

Następnie Autorka przeprowadziła badania w zakresie minimalizacji mocy obciążenia dla tych samych danych z wykorzystaniem scenariusza minimalizującego wartość obciążenia, jakie



stanowi mikrosieć, sprawdzając rozprawy mocy czynnej i mocy biernej. W tym względzie zbadała m.in. wymianę mocy z systemem dystrybucyjnym w przypadku zainstalowania zasobnika w mikrosieci i w przypadku jego braku w mikrosieci, a następnie zbadała zmianę energii zgromadzonej w zasobniku, straty mocy czynnej dla linii oraz straty mocy biernej dla linii, a także zmiany napięcia w poszczególnych węzłach. Zauważyła, że z powodu braku obciążenia o charakterze pojemnościowym lub o charakterze indukcyjnym pobierana moc bierna wynikała tylko ze strat mocy biernej w liniach, a zatem zapotrzebowanie na moc bierną w całości pokrywane było z systemu dystrybucyjnego, przy czym zasobnik rozładowywał się gwałtownie na początku dnia, a następnie z powodu niedoboru generacji PV pozostawał nienaładowany aż do szczytu mocy generowanej przez instalację PV, kiedy ulegał pełnemu naładowaniu, po czym oddawał całość energii w czasie zmniejszenia generacji.

Pani Dominika Kaczorowska otrzymała zatem bardzo ważny wniosek potwierdzający fakt, iż wyniki badania metodą zmiennoprądową mają duży wpływ na parametry jakości energii, który uzupełniła o sposób ich poprawy wynikający z włączenia do funkcji celu algorytmów inteligencji obliczeniowej takich parametrów jak m.in.: poziomy napięcie, czy straty na liniach, co znacząco poprawia parametry jakościowe napięcia.

**5. Doktorantka wykazała się wystarczającą wiedzą z zakresu możliwości wykorzystania metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji pracy mikrosieci,** gdyż opublikowała 31 prac ogółem<sup>1</sup> zarejestrowanych w bazie DONA Politechniki Wrocławskiej (pozostałych 8 prac to raporty serii SPR, a jedna praca jest pracą niepublikowaną z afiliacją Autorki do PWR), których była autorem lub współautorem, przy czym 23 publikacje naukowe są publicznie dostępne, z tego: 7 prac indeksowanych w bazie Web of Science Core Collection, indeks Hirscha – 2, przy czym indeks Hirscha według Google Scholar – 4, cytowania – 1, przy czym cytowania według Scopus – 8 oraz według Google Scholar – 27, suma Impact Factor – 7.438.

**6. Przedstawiony tekst rozprawy nosi charakter samodzielnej monografii naukowej, napisanej w sposób profesjonalny i bardzo przejrzysty, która została uzupełniona o rozwiązania o charakterze aplikacyjnym, a zauważone niedociągnięcia rozprawy mają charakter marginalny, stąd pragnę podkreślić, że rozprawa zasługuje na bardzo wysoką ocenę.** Rozprawa została napisana na 139 stronach kart formatu A4 zapisanych dwustronnie o strukturze 10 rozdziałów ponumerowanych, z tego sześciu zasadniczych rozdziałów merytorycznych, z podrozdziałami oraz czterech rozdziałów uzupełniających, to jest wprowadzenia, podsumowania, wniosków i kierunków dalszych badań oraz literatury. Ponadto praca zawiera streszczenie w języku polskim i w języku angielskim oraz wykaz ważniejszych oznaczeń i akronimów. Na rozdziały merytoryczne ponumerowane (a w nich podrozdziały) składają się kolejno:

Rozdział 2. Metody inteligencji obliczeniowej,

Rozdział 3. Badanie metod inteligencji obliczeniowej,

Rozdział 4. Zastosowanie algorytmów inteligencji obliczeniowej w elektrotechnice,

Rozdział 5. Mikrosieć,

Rozdział 6. Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji parametrów mikrosieci,

Rozdział 7. Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej do sterowania przepływem energii w mikrosieci.

Ponadto praca zawiera: stronę tytułową, stronę podziękowań oraz spis treści. Literatura liczy 185 pozycji związanych z tekstem rozprawy, do których stosowane były odwołania przy wystraszającym ich omówieniu w rozprawie. Praca została zilustrowana 237 rysunkami oraz

<sup>1</sup> Wykazanych w bazie DONA (Centrum Wiedzy i Informacji Naukowo-Technicznej Politechniki Wrocławskiej) – dostęp w dniu 04.08.2020 r.

24 tabelami, a wzory były numerowane. Przy tak licznych wzbogaceniach rozprawy rysunkami i tabelami powinny one posiadać odpowiednie wykazy, których przy studiowaniu rozprawy odczuwa się wyraźny brak.

7. Omawiając metody inteligencji obliczeniowej oraz przeprowadzając badanie i porównywanie wybranych czterech algorytmów, to jest algorytmu roju cząstek (PSO), algorytmu genetycznego (GA), algorytmu grawitacyjnego (GSA) oraz algorytmu siły centralnej (CFO) Doktorantka wykazała się znajomością przedmiotu badań, m.in. wskazała m.in., że istnieje bardzo wiele metod inteligencji obliczeniowej, które wykorzystywane są w rozwiązywaniu różnych zadań stawianych przed systemem elektroenergetycznym, spośród których w rozwiązywanym zagadnieniu optymalizacji pracy mikrosieci w sposób jasny i zrozumiały, a zarazem bardzo syntetyczny omówiła: algorytmy rojowe (algorytm nietoperzy, algorytm pszczele, algorytm koci, algorytm kukułczy, algorytm ławicy ryb, algorytm żabi), algorytm genetyczny, algorytmy praw fizycznych (algorytm wielkiego wybuchu, algorytm siły centralnej, algorytm grawitacyjny), algorytmy reakcji chemicznych, algorytmy matematyczne, sztuczne sieci neuronowe.

8. Pani mgr inż. Dominika Kaczorowska rozwiązała sformułowane zagadnienie, tezę udowodniła, cele osiągnęła. Wykazała m.in., że metody inteligencji obliczeniowej są skutecznym narzędziem optymalizacji parametrów urządzeń pracujących w mikrosieci oraz algorytmów sterowania przepływem energii, a tym samym wpisała się w nowy kierunek badań jakim jest rozwój nowoczesnych systemów elektroenergetycznych charakteryzujących się nie tylko wyposażaniem w inteligentne urządzenia, jak np. liczniki energii, ale także wyposażaniem w inteligentną strukturę systemu elektroenergetycznego złożoną z inteligentnych mikrosieci z generacją wirtualną włączonych w pracę systemu elektroenergetycznego za pomocą sieci dystrybucyjnych oraz wyposażoną w inteligentne algorytmy przygotowane do rozwiązywania trudnych i nieprzewidywanych zagadnień występujących w bieżącej pracy systemu elektroenergetycznego.

**Do oryginalnych rozwiązań rozprawy można zaliczyć m.in.:**

- dokonanie przeglądu literatury przedmiotu i ocena stanu wiedzy w zakresie urządzeń pracujących w mikrosieci oraz w zakresie zastosowania metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji pracy mikrosieci,
- przeprowadzenie analizy szczegółowej wybranych czterech algorytmów inteligencji obliczeniowej z punktu widzenia wykorzystania ich do optymalizacji pracy mikrosieci,
- opracowanie modelu mikrosieci do obliczania rozptyłów mocy, a także opracowanie scenariuszy sterowania przepływem energii w mikrosieci z uwzględnieniem sterowania zasobnikiem energii,
- zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji parametrów urządzeń, a w szczególności algorytmu rojowego, jako części mikrosieci, w oparciu o scenariusze sterowania przepływem energii,
- zwiększenie dokładności metod i skrócenie czasu dochodzenia do rozwiązania przez modyfikację parametrów algorytmów.

9. Rozprawa jest zredagowana bardzo starannie, treść rozprawy jest wzbogacona graficznie za pomocą 237 rysunków, a uzyskane wyniki przedstawione także w sposób przejrzysty w 24 tabelach. Autorka podała w sposób przystępny i prawidłowy opisy oraz objaśnienia zmiennych, a także w sposób poprawny stosowała odwołania do literatury przedmiotu w tekście rozprawy. Zachowała przy tym odpowiednią proporcję pomiędzy częścią teoretyczną i praktyczną rozprawy. Ponadto Doktorantka przeprowadziła interpretację i dyskusję uzyskanych wyników badań w sposób bardzo syntetyczny, brak jest natomiast bardziej

szczegółowej dyskusji oraz bardziej szczegółowej interpretacji uzyskanych wyników badań, do których zbyt często odsyła jako do wykresów zamieszczonych na rysunkach.

Recenzowana praca zawiera wyniki badań uzyskane na wysokim poziomie badań empirycznych, które umiejętnie zostały uzupełnione o wyniki analizy teoretycznej. Istnieje możliwość kontynuacji badań m.in. w zakresie wykorzystania zaproponowanej metody w analizie bardziej rozbudowanych strukturalnie mikrosieci współpracujących z systemem elektroenergetycznym.

W zakresie strony redakcyjnej praca zawiera pewne błędy natury technicznej, jak też tzw. przejęzyczenia, literówki, które generalnie rzecz ujmując nie są zbyt liczne i nie mają większego wpływu na jej czytelność, tego typu jak np.:

- str. 45-46, brak przywołania w tekście rozprawy: tabeli 3.11 oraz tabeli 3.12,
- str. 56, tytuł podrozdziału 4.1 brzmi: *Sieć elektroenergetyczna*, to jest podtytuł rozdziału sugeruje, że jest w nim mowa o sieci elektroenergetycznej, gdy tymczasem w treści rozprawy omawiany jest system elektroenergetyczny,
- str. 95 w pierwszym akapicie podano: *rys. 6.73*, a powinien być *rys. 6.67*,
- str. 101, pierwszy akapit od góry, wiersz 2: jest *wyłączają*, a powinno być *wyłączając*,
- str. 110, ostatni akapit od dołu, wiersz pierwszy: jest *sytuacja*, a powinno być *sytuacji*,
- str. 120, pierwszy akapit w p. 7.2.1: jest *środowiska Matlab*, a powinno być *środowiska MATLAB* (przez Matlab jest rozumiany język programowania bardzo wysokiego poziomu, a środowisko jest oznaczane jako MATLAB i Simulink lub krócej MATLAB, które zawiera różne biblioteki funkcji nazwane toolboxami), itp.

### Podsumowanie

W podsumowaniu jednoznacznie stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska p. mgr inż. Dominiki Kaczorowskiej **stanowi oryginalne podejście** do rozwiązania aktualnego i bardzo istotnego dla praktyki mikrosieci współpracujących z siecią dystrybucyjną i tym samym z systemem elektroenergetycznym zagadnienia, które dotyczy zwłaszcza scenariuszy sterowania przepływem energii w mikrosieci oraz pomiędzy mikrosiecią oraz siecią dystrybucyjną.

Uważam, że tak rozprawa jak też dorobek naukowy kandydatki w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych wnoszą istotny wkład w rozwój problematyki zastosowania metod inteligencji obliczeniowej do optymalizacji pracy mikrosieci, a także potwierdzają odpowiednio wysoką ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną Doktorantki oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że dotychczasowe osiągnięcia naukowe Kandydatki, w tym rozprawa doktorska opracowana przez p. mgr inż. Dominikę Kaczorowską spełniają wymagania stawiane przez ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki<sup>2</sup>, co oceniam bardzo wysoko i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony, prosząc o przedyskutowanie podczas obrony następujących trzech kwestii:**

#### Kwestia 1.

Jaki został zastosowany sposób dobru danych do przeprowadzonych eksperymentów badawczych w ramach rozprawy (oraz jakie to były konkretnie dane w poszczególnych eksperymentach) oraz jakie konkretnie środowiska programistyczne bądź języki

<sup>2</sup> Dz. U. z 2016 r. poz. 882, ze zm.; Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, t.j.

programowania zostały wykorzystane w przeprowadzonych badaniach, gdyż nie odnajduję w rozprawie spójnej informacji na ten temat?

Proszę też o jednoznaczne wskazanie w jaki sposób Autorka zaimplementowała lub jakie wykorzystwała gotowe programy do implementacji zaproponowanych w rozprawie algorytmów, zarówno w zakresie analizy porównawczej wybranych czterech algorytmów inteligencji obliczeniowej, jak też w zakresie zaprojektowanych trzech scenariuszy sterowania przepływem energii w mikrosieci oraz pomiędzy mikrosiecią?

W rozprawie odnajduję co prawda pewne wzmianki na ten temat, ale są one w moim odczuciu nieliczne i niekompletne, jak na przykład na:

- str. 74 pierwszy akapit od dołu, gdzie jest mowa o wykorzystaniu danych dotyczących mocy generacji rzeczywistej instalacji fotowoltaicznej zlokalizowanej na dachu budynku w kampusie Politechniki Wrocławskiej oraz jest mowa o danych zmierzonych w punkcie zasilania budynku biurowego w zakresie obciążenia w okresie od 16.07.2019 r. do 22.07.2019 r., ale bez odpowiedniego zestawienia dla potrzeb przeprowadzonych eksperymentów badawczych, adekwatnej dla potrzeb ustalenia zmiennych wejściowych do stosownych programów obliczeniowych,
- str. 120, akapit 1 w p. 7.2.1, gdzie jest mowa o wykorzystaniu biblioteki środowiska MATLAB o nazwie Matpower z podaniem w tabeli 7.1 danych gałęziowych oraz informacji m.in. do policzenia rozpyłów oraz informacji (drugi akapit od dołu) o obliczeniu ich dla 10 minutowych danych pomiarowych generacji i obciążenia z dnia 16.07.2019 r.,
- str. 122, gdzie jest mowa o zastosowaniu opracowanego scenariusza sterowania przepływem energii w mikrosieci, w połączeniu ze specjalizowanym oprogramowaniem obliczania rozpyłów mocy w sieci elektroenergetycznej, to jest biblioteki narzędzi Matpower.

Natomiast nie odnajduję nigdzie w rozprawie wiedzy na temat konstrukcji bazy danych wykorzystanej w ww. obliczeniach, ani też wiedzy o sposobie zaimplementowania wykorzystywanych w obliczeniach algorytmów, w tym zwłaszcza algorytmów inteligencji obliczeniowej takich jak algorytm rojowy, czy też wykorzystania w tym celu konkretnych środowisk programistycznych tego typu jak MATLAB i Simulink z konkretnymi toolboxami.

**Kwestia 2.** Jak można zauważyć Doktorantka przeprowadziła bardzo wiele ciekawych eksperymentów badawczych, których wyniki zamieściła aż na 237 rysunkach, co sprawia, że odczuwa się brak w niektórych przypadkach wystarczającej końcowej konstatacji otrzymanych wyników badań dla konkretnych eksperymentów badawczych, stąd proszę Doktorantkę o przeprowadzenie końcowej dyskusji i interpretacji przeprowadzonych eksperymentów badawczych i otrzymanych wyników badań oraz zaprezentowanie na obronie końcowego ich zestawienia np. tabelarycznego, w szczególności w trzech przypadkach, to jest w zakresie:

analizy wyników optymalizacji parametrów generacji fotowoltaicznej i zasobnika energii (rozdz. 6.3.1), gdzie w sposób graficzny bardzo dokładnie zilustrowano rozpyły mocy dla różnych wartości współczynników  $\alpha$  oraz  $\beta$  (rys. 6.26-rys. 6.49), co jest tym bardziej ważne, iż odnoszą się one do parametrów dobranych na podstawie mediany i wyliczonych wartości przez algorytm rojowy (str. 82, ostatni akapit), a informacja zamieszczona w podsumowaniu efektów optymalizacji parametrów instalacji fotowoltaicznej PV i zasobnika energii odwołuje się do zawartości rysunków, a nie do wyników przeprowadzonej analizy (przebiegi na rysunkach są jedynie graficzną ilustracją wyników badań),

oraz podobnie w zakresie:

analizy wyników optymalizacji parametrów zasobnika energii (rozdz. 6.3.2),

analizy wyników optymalizacji parametrów scenariusza sterowania (rozdz. 6.3.3).

Brak odpowiedniej analizy otrzymanych wyników badań sprawia, że w podsumowaniu wyników Doktorantka odwołuje się do przebiegów wskazanych na rysunkach, co niepotrzebnie zasłania bardzo duży wkład Doktorantki w zakresie rozwiązywanego problemu badawczego, wiążący się z uzyskaniem bardzo dobrych i konkretnych wyników badań.

### **Kwestia 3.**

Pani mgr inż. Dominika Kaczorowska często używa zbyt dużych uogólnień, stosując tego typu określenia jak np. na:

str. 105 pierwszy akapit od góry wiersz 3-4: „dla tych samych danych, **przy mniejszej wartości marginesu, przez większy zakres czasu** udaje się utrzymać stałe obciążenie. Zasobnik **pracuje częściej**”, nie podając szczegółów o jakie konkretnie dane chodzi, dla jakiej wartości marginesu (mniejszej od jakiej wartości), przez jaki konkretnie okres czasu lub większy od czego oraz kiedy pracuje częściej, to jest jak często lub częściej od czego, itp.,

str. 108 akapit drugi od dołu, wiersze 1-2 „Podobnie jak w przypadku danych jednostkowych, w pewnych przypadkach **rozsądniejsze wydaje się wybranie marginesu** wymiany mocy między mikrosiecią i siecią dystrybucyjną **o niższej wartości**” nie podając kryterium takiego rozsądniejszego doboru,

str. 116 drugi akapit od góry w p. 7.1.3 ostatnie zdanie „z uwagi na tak duży wymiar przestrzeni rozwiązań jedynie **algorytm PSO radzi sobie dobrze z problemem w krótkim czasie**, nie wskazując o jakim czasie jest mowa dla mikrosieci, dla której jak wskazuje Autorka na początku rozdz. 7 akapit 1, wiersz 3 „analizy wykonano dla okresu jednej doby”, itp.?

Proszę zatem przynajmniej dla wyżej wymienionych trzech przypadków o przeprowadzenie dyskusji wyjaśniającej szczegóły przeprowadzonej analizy badawczej oraz takiej interpretacji otrzymanych wyników, aby nie było potrzeby odwoływania się do przebiegów na rysunkach, które są tylko ilustracją graficzną uzyskiwanych wyników badań.

*Jerzy Tchwoneusli*