



prof. dr hab. inż. Zbigniew HANZELKA
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica
Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30
tel.: (12) 617 28 78, fax: (12) 633 22 84, e-mail: hanzel@agh.edu.pl



Kraków, 6 marca 2019 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

wykonana na zlecenie prof. dr hab. inż. Waldemara Rebizanta, Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej.

Autor: **mgr inż. Michał Jasiński**

Tytuł: **Zastosowanie analizy skupień oraz globalnego wskaźnika jakości energii do identyfikacji i oceny różnych stanów pracy elektroenergetycznych sieci górniczych w aspekcie jakości energii elektrycznej**

1. Dane bibliograficzne rozprawy

Rozprawa zawiera 152 strony. Składa się ze streszczenia, wykazu ważniejszych oznaczeń i symboli, siedmiu rozdziałów, bibliografii, spisu tabel i rysunków oraz jednego załącznika.

2. Charakterystyka rozprawy

Jednym z celów budowy tzw. sieci typu smart jest poprawa jakości dostawy energii elektrycznej. Skutkuje to między innymi budowaniem rozproszonych systemów monitorowania wskaźników jakości, składających się z bardzo dużej liczby mierników (niekiedy różnych) i w konsekwencji tworzeniem dużych baz danych. Ich rozmiary sprawiają, że przetworzenie tych danych w użyteczną informację staje się zadaniem bardzo trudnym.

Oceniana praca jest próbą – nie dziełem skończonym – zmierzenie się z tym problemem. Autor poddał analizie dane pomiarowe, którymi są wskaźniki jakości napięcia i wartości mocy zmierzone w sieci zakładu górniczego w ośmiu punktach w okresie czterech tygodni. Dane te zostały uzupełnione informacjami z systemu dyspozytorskiego (WINDEX) oraz Systemu Informowania Dyspozytorów (SIDEM) istniejących w zakładzie górniczym.

Dane te wykorzystano głównie do oceny wpływu pracy/wyłączenia bloków generacyjnych gazowo-parowych na poziom jakości napięcia w sieci kopalnianej. W analizie wyróżniono dodatkowe stany pracy zakładu związane z okresem wydobycia, okresem rewizji maszyn i urządzeń oraz rekonfiguracją sieci.

Jako podstawowe narzędzie badawcze przyjęto analizę skupień, która pozwala na identyfikację podzbiorów danych różniących się cechami wskaźników jakości napięcia. Uzyskane skupienia powiązane z danymi z systemów dyspozytorskich pozwalają – zdaniem Autora – powiązać różne uwarunkowania pracy sieci z wyodrębnionymi skupieniami. Zbadano wpływ konstrukcji danych i sposobów ich przetwarzania (algorytm hierarchiczny i niehierarchiczny, różne definicje odległości) na efekt podziału danych na skupienia. Dla oceny porównawczej danych w wyróżnionych skupieniach zaproponowano globalne wskaźniki jakości.

Zalety pracy

1. Wybór tematu rozprawy – bardzo istotnego w aspekcie technicznym, poznawczym, a w przyszłości pewnie także komercyjnym, a przede wszystkim oryginalnego. W dziedzinie jakości dostawy energii od pewnego czasu nie pojawiają się nowe propozycje obszarów badawczych.

Tematyka rozważana przez Autora jest nową propozycją, tym większa zasługa Doktoranta i Promotora. W oparciu o analizę literaturową Autor stwierdza, że „...nie odnalazł wykorzystania analizy skupień do uzyskania klasyfikacji danych długoterminowych z pomiarów jakości energii elektrycznej oraz danych z systemów dyspozytorskich sieci elektroenergetycznej z założeniem odniesienia uwarunkowań przypisania do skupień dotyczących pracy generacji rozproszonej. Dodatkowo w literaturze brak jest bezpośrednich opracowań zastosowań eksploracji danych dla sieci kopalnianych, które uwzględniałyby szczególny charakter pracy i poziom zaburzeń dla sieci górniczych.” Nie w pełni zgadzam się z tym stwierdzeniem, ale faktycznie takie prace są bardzo nieliczne.

2. Praca jest przykładem zastosowania poprawnej metody badawczej, rozumianej jako zbiór czynności niezbędnych do rozwiązywania problemu technicznego. W tym łańcuchu działań zawarto: (1) przedstawienie problematyki i tematu rozprawy w szerszej perspektywie, (2) prezentację stanu wiedzy, (3) rozważania teoretyczne, (4) badania symulacyjne (dla zróżnicowanych zbiorów danych) oraz (6) podsumowanie i wnioski końcowe.
3. Każda nowa tematyka badawcza w technice, także ta rozważana przez Autora, ma dwa ważne etapy rozwoju. Pierwszy to działania prowadzone niekiedy z relatywnie słabym odniesieniem do analizowanego obiektu, z mniejszą atencją dla szczegółów podmiotu rozważań (w tym przypadku jakości zasilania w sieciach górniczych) - służą one głównie doskonaleniu narzędzi analizy. Drugi etap to aplikacja dojrzałych narzędzi i ocena praktycznych efektów ich zastosowania. W opinii recenzenta oceniana praca przynależy do pierwszego wyróżnionego etapu, jest jego cennym elementem.

Praca jest ciekawa, wnosi nowe elementy do dyskusji na temat jakości zasilania, prowokuje pytania, jest dobrym zaczynem dyskusji. Tak należy traktować przedstawione w kolejnym punkcie recenzji uwagi krytyczne - jako głos w naukowej dyskusji z Autorem.

Uwagi krytyczne

1. Klasyfikacja różnych metod eksploracji danych w wersji przedstawionej w pracy jest dowodem erudycji autora, lecz jej wartość informacyjna dla czytelnika jest ograniczona. Lepiej byłoby dokonać wyboru metody i uzasadnić ten wybór przedstawiając zalety stosowanej dalej techniki badań w relacji do innych możliwych i znanych narzędzi analizy. Na stronie 22 Autor stwierdza „Ciężko jest wskazać bezpośrednio najważniejszą czy najkorzystniejszą technikę bez wykonania wstępnego rozeznania danych bądź celu działania planowej techniki eksploracji”. W rozważanym przypadku charakter danych oraz cel analiz jest dokładnie zdefiniowany, a więc wybór rekomendowanej metody powinien być możliwy. Badania powinny potwierdzić lub zanegować trafność wyboru.
2. Str. 58, „częstotliwości: dane zagregowane w przedziały 10-minutowe - w zastosowanych urządzeniach brak jest dostępu do danych 10-sekundowych” – jak należy rozumieć to stwierdzenie? Dane pozyskiwano z mierników klasy A PQI-AD-SMART i Fluke 1760.
Brak uzasadnienia rezygnacji z poszczególnych harmonicznych w badanym zbiorze danych, dlaczego zrezygnowano z bardzo ważnej informacji jaka jest z nimi związana? Dlaczego nie uwzględniono mocy biernej mającej istotny wpływ na jakość zasilania, szczególnie w sieci WN?
3. Str. 70, skąd wynika postać zależności 5.2? Dlaczego taka? Uwzględniając, że analiza skupień da prawie zawsze mniejszą liczbę danych oznaczonych (fakt samego powodu oznaczenia), to zawsze współczynnik Wsp sprowadza się do ilorazu Q_{as}/Q_r . Wskaźnik (5.2) da zawsze bardzo duże wartości i nie niesie żadnej informacji, przykładowo w Tabeli 5.2 dla pola odpływowego RWM-PII mamy małą skuteczność metody analizy skupień, a bardzo wysoką wartość wskaźnika podziału na dane oznaczone i nieoznaczone. Jaka użyteczna wartość z tego wynika?

4. Str. 72, akapit zapisany **boldem**. Mam wątpliwości co do prawdziwości wyrażonego tu wniosku. Jeżeli na analizowany przykład spojrzeć wyłącznie z pozycji prezentacji metody, w której to prezentacji nie jest najważniejszy przedmiot analizy, w zasadzie można się z wnioskiem zgodzić. Jeżeli jednakże, uwzględnić cel, którym w rozważanym przypadku jest wyróżnienie danych flagowanych, które w kolejnym kroku są wyłączane z oceny jakości napięcia, a tym samym mają wpływ na potencjalne konsekwencje finansowe – to wówczas trudno zgodzić się z wnioskiem o uznaniu skuteczności proponowanej metody na satysfakcjonującą

Ta sama strona - „Drugim podejściem do realizacji koncepcji oznaczania dla danych długoterminowych pochodzących z różnych punktów pomiarowych należących do wybranego fragmentu sieci elektroenergetycznej, jest wspólne wyłączenie z analizy pomiarów, **dla których w co najmniej w jednym punkcie pomiarowym** oznaczono wartości parametrów JEE na skutek zdarzenia dynamicznego” – dlaczego zapad, który wystąpił w obwodzie jednego transformatora ma powodować flagowanie danych w obwodach innych transformatorów, gdzie poziomy wskaźników jakości mogą być zgodne z normami?

5. Str. 78, „Co do zasady danebrane pod uwagę w rozważanej analizie stanów pracy sieci elektroenergetycznej nie powinny zawierać danych oznaczonych.”. Zasada jest słuszna przy formalnej ocenie jakości dostawy energii zgodnie z obowiązującymi przepisami. W prezentowanych badaniach cel jest inny – jest nim ocena wpływu generacji rozproszonej. Czy eliminacja danych flagowanych nie zaburza procesu korelowania zjawisk występujących w sieci? Tym bardziej, że Autor deklaruje eliminację danych w przypadku, gdy w jednym punkcie wystąpią warunki uzasadniające flagowanie.

Ta sama strona - „Jednak okres wzięty pod uwagę nie zawiera wszystkich 9 tygodni pomiarów, a jedynie pierwsze cztery z nich tj. między 27.04.2017, a 25.05.2017. Skrócenie okresu branego pod uwagę do analizy spowodowane zostało nieprzywróceniem do pracy bloku gazowo-parowego w planowanym terminie i dużą dysproporcją między ilością danych z okresu, gdy generacja pracowała i gdy była wyłączona. Zaproponowany skrócony okres jest reprezentowany przez około 12 dni, w których generacja pracowała oraz 16 dni przestoju. Zatem łączna liczba wejściowych pomiarów parametrów jakości energii elektrycznej przypadająca na jeden punkt pomiarowy wynosi 4032.” – nie rozumiem tego uzasadnienia. W pracy rozważane jest narzędzie, które powinno poprawnie pracować w przypadku dowolnie długiego czasu i w różnych stanach pracy sieci. W każdym przypadku narzędzie powinno dać możliwość wykazania różnych nieoczywistych zależności pomiędzy danymi. Dodatkowo, wydaje się, że zwiększana liczba danych uzyskanych w okresie wyłączenia generatorów gazowych w tym większy stopniu uwidoczni ich wpływ na wskaźniki jakościowe.

6. W wskaźniku globalnym wprowadzone są wartości agregowane w czasie 200 ms, ale takich danych nie uzyskamy z rejestratorów. Jaki jest cel wprowadzania 200 ms wartości napięcia, skoro są one uwzględniane pośrednio np. w wahanich napięcia lub są eliminowane jako szybkie zmiany napięcia lub zapady/wzrosty napięcia? Jaką wartość dodatkową niesie ta dana? Dotyczy to także THD wyliczanego w czasie 200 ms. W pracy wartości 200 ms są odnoszone do poziomów granicznych określonych dla percentyli wyznaczanych w zbiorze wartości 10 min. Jaka jest praktyczna wartość faktu, że uwzględnienie wskaźników opartych o wartości 200 ms zmienia wartość wskaźnika globalnego (str. 133)?
7. Wskaźniki względne dla poszczególnych zaburzeń (wyznaczone jako wartość średnia) są odniesione do wartości granicznych podanych w normie. Ale te ostatnie dotyczą miar statystycznych (percentyli). Uzyskany w ten sposób iloraz jest trudny do interpretacji. Dodatkowo w przypadku niektórych skupień średnia jest wyznaczana na podstawie bardzo małych zbiorów danych.
8. Str. 115, „Zaproponowano wskaźnik danych oznaczonych (WDO), który jest procentowym wskazaniem okresu pomiarów, który ze względu na wystąpienie zdarzeń został oznaczony w

rozumieniu PN EN 61000-4-30 [62] (poszerzony o szybkie zmiany napięcia) w stosunku do całego badanego okresu." Dlaczego Autor poszerzył zbiór zaburzeń powodujących flagowanie danych i jak uwzględnił w analizie skupień szybkie zmiany napięcia?

9. Wnioski przedstawione w pracy mają charakter opisu uzyskanych wyników z małym udziałem rekomendacji i zaleceń użytkowych/praktycznych.
10. Autor przywołuje jako obowiązujące w sieciach górniczych rozporządzenie oraz normę PN EN 50 160, które są dokumentami dotyczącymi sieci publicznych, nie sieci wewnątrzzakładowych.
11. W bardzo wielu punktach pracy Autor nieprawidłowo stosuje pojęcie „zakłócenie” w miejsce poprawnego „zaburzenie”. W języku polskim zaburzenie jest przyczyną, a zakłócenie skutkiem.
12. Szkoda, że Autor nie poświęcił więcej czasu na eliminację wielu błędów edytorskich.

Bardzo proszę, aby w trakcie obrony Doktorant odniósł się do wszystkich powyższych uwag oraz wskazał, w przypadku których z przeprowadzonych badań otrzymane wyniki zaskoczyły Autora, tzn. były inne niż oczekiwane.

Ocena ogólna i wniosek końcowy

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Michała Jasińskiego stanowi opracowanie dotyczące ciekawego i aktualnego zagadnienia naukowo-technicznego i dowodzi zadawalającego opanowania przez Doktoranta dyscyplin naukowych, z którymi jest związana.

Przedłożona rozprawa spełnia wymagania stawiane przez Ustawę z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (dz. U. nr 65) oraz rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim i habilitacyjnym. Wnioskuje o przystąpienie do kolejnych przewidzianych w/w Ustawie etapów procedury.



ZAŁĄCZNIK: Uwagi szczegółowe

Rozdział 1: Wprowadzenie

Str. 13 i dalej, zdaniem recenzenta właściwym terminem jest „jakość dostawy energii” lub „jakość zasilania” w miejsce stosowanej w pracy „jakości energii”

Teza pracy jest napisana niezbyt czytelnie, nie wynika z niej rzeczywista korzyść będąca efektem zaproponowanej metody analizy. Jako czytelnik czekam niecierpliwie na dalszy ciąg i bardziej szczegółowe wyjaśnienia

Str. 14, trzecia linijka od końca, „warunki jakościowe” – niezręczne sformułowanie. Niewystarczająca dbałość o poprawność językową tekstu pracy. Autor stosuje wiele skrótów myślowych, stwierdzeń żargonowych.

Rozdział 3: Wybrane zażądania uwarunkowań pracy sieci kopalnianych

Str. 33, Zgodnie z brzemieniem pierwszego akapitu trzeciego rozdziału "idea pracy jest próba oceny wpływu generacji rozproszonej na warunki pracy sieci kopalnianych poprzez ocenę parametrów jakości energii elektrycznej ...". Stwierdzenie bardzo ogólne, nie definiujące istoty problemu. Czy autor zamierza analizować sam fakt wpływu (jakkolwiek by on nie był), czy oczekuje i przewiduje konkretne efekty obecności źródeł? Jesteśmy już na 33 stronie pracy!

Str. 34, „Natomiast zmniejszenie się napięcia dla transformatorów skutkuje wzrostem strat obciążenia i skróceniem czasu użytkowania.” – tylko przy założeniu odbiorników o stałej mocy.

Str. 35, „... które ze względu na swój charakter pracy pobierają niesinusoidalny prąd z sieci.” – niezręczne sformułowanie.

Rozdział 4: Opis obiektu badań i źródeł danych

Rys. 4.1. "mało czytelny rysunek

Jak wyglądała sprawa synchronizacji pomiarów? Jesteśmy na stronie 54 i nic nie wiemy na ten temat. Dopiero na stronie 72 czytelnik uzyskuje fundamentalną informację, że praca rozproszonych mierników była synchronizowana sygnałem GPS.

Rozdział 5: Badania nad zastosowaniem analizy skupień jako narzędzia wspierającego ocenę pracy elektroenergetycznych sieci górniczych z generacją rozproszoną

Jesteśmy na stronie 57 i dalej jest opis zamierzeń, a nie dokonań. W rozdziale tym Autor obiecuje (tryb niedokonany) zastosowanie analizy skupień do wyodrębnienia zbioru danych „jakościowych” flagowanych oraz zbiorów danych dla okresu pracy i wyłączenia źródeł rozproszonych. Rozumiem, że chodzi o demonstrację poprawności działania nowego narzędzia analizy, bowiem zamierzony cel można uzyskać w sposób nie wymagający wielkiego nakładu pracy.

Str. 57, pierwszy akapit, „... związaną z poszukiwaniem optymalnej liczby skupień ...” Jakie jest kryterium optymalizacji?

Str. 61, dlaczego nie zastosowano identyfikacji danych flagowanych dla zbioru C?

Str. 73, Tabela 5.3 – czy tabela przedstawia dane flagowane, które zostały oznaczone we wszystkich punktach sieci równocześnie? A co się dzieje z danymi flagowanymi, które dotyczą jednego z transformatorów i nie miały wpływu na pozostałe punkty?

Dlaczego teraz zastosowano do analizy zbiór danych Bs, a poprzednio B?

Czy w tym przypadku analizie były poddane te same dane co w poprzednim przykładzie (analiza oddzielna każdego z punktów) zapisane jako jeden zbiór danych? Jeżeli tak, to warto przeprowadzić analizę czułości metody w zależności od wielkości zbioru danych.

Str. 76, w ilu przypadkach w metodzie klasycznej wystąpiły równocześnie flagowane dane w więcej niż jednym punkcie?

Jaka jest z metodologicznego punktu widzenia różnica pomiędzy analizą jednopunktową i wielopunktową? Mam wrażenie, że polega ona wyłącznie na wielkości analizowanego zbioru danych, w przypadku, gdy analiza dotyczy co najmniej jednego punktu.

Str. 80, Autor proponuje przyjęcie wskaźnika globalnego dla scharakteryzowania/opisania rozważanego skupienia, w którym uwzględnione będą między innymi:

- obwiednia zmian napięcia odpowiadająca zmianom minimalnych i maksymalnych wartości 200-milisekundowych z każdego przedziału 10-minutowego – jak to należy rozumieć? Jak jest to przełożone na miarę liczbową? Czy ta informacja nie zawiera się we wskaźniku Pst?
- maksymalna wartość 200-milisekundowa całkowitego współczynnika zawartości harmonicznym w napięciu – dlatego więc przyjęto wskaźnik THD agregowany w czasie 10 min.

Przyjęcie wymienionych powyżej wskaźników przeczy przyjętej wcześniej zasadzie stosowania miar liczbowych wyznaczanych w tym samym przedziale czasu. Sprawia także, że schemat na rysunku 5.6 jest nieprawdziwy – w etapie IV korzystamy z danych, które nie wchodzi do zbiorów A, B i C.

Jak rozumiem, jeżeli w badaniach znajdziemy powiązania pomiędzy stanami pracy generatorów (w najprostszym przypadku załączone/wyłączone) i wskaźnikami jakości zasilania to w przyszłości poprzez wartości wskaźników będzie można identyfikować stan pracy generatorów?

Str. 81, ostatni akapit – skąd wynikają zaproponowane przez Autora liczby skupień dla różnych zbiorów danych?

Str. 83, „Dlatego w przypadku danych wejściowych do analizy skupień istnieje możliwość realizacji oznaczania na dwa sposoby:

- danych 2-godzinnych jak Plt tracą co najwyżej 11 danych nieoznaczony dla pozostałych parametrów” - ??

Dlaczego w przypadku analizy danych A i As wybrano różną liczbę skupień?

Str. 85, dlaczego skupienie 11 uznano za reprezentujące typowe warunki pracy sieci?

dlaczego skupienie 17 uznano za reprezentujące dane z włączoną generacją rozproszoną?

dlaczego skupienie 24 uznano za reprezentujące dane z wyłączoną generacją rozproszoną?

Str. 87, dlaczego skupienie 15 uznano za reprezentujące dane z włączoną generacją rozproszoną? Dotyczy to także arbitralnych decyzji o przyporządkowaniu skupień 4 i 5.

Str. 88, tekst pod rysunkiem – z przyczyn jak wyżej arbitralne przyporządkowania skupień budzą wątpliwość

Wniosek zapisany boldem na końcu strony jest wyrazem opinii Autora w niewystarczającym stopniu potwierdzonym procedurą dowodu.

Str. 89, rys. 5.11 – nadal mam wątpliwość, czy w tej analizie powinny być uwzględniane wyłącznie dane nieoznaczone, obecność danych oznaczonych powinna być także powiązana z pracą/wyłączeniem generatorów.

rys. 5.11, skupienie 1 rozpoznaje pracę generatorów, mimo że nie były one załączone

Str. 101, nie rozumiem przypisanych skupień do rys. 5.19

Str. 107, 10 linijka od końca „... dla odległości euklidesowe ...” Czy nie Czebyszewa?

Rozdział 6. Badania możliwości zastosowania globalnych wskaźników jakości energii elektrycznej w celu syntetycznej oceny stanów pracy elektroenergetycznych sieci górniczych pod kątem jakości energii elektrycznej

Str. 115, 5 linijka od góry – „... poziom mierzonego parametru jest idealny (znamionowy lub zerowy),”. Co oznacza w tym przypadku termin „znamionowy”?

Str. 116. Pierwsze zdanie, na coś się trzeba zdecydować – miara syntetyczna jest wskaźnikiem czy parametrem?

„wahania częstotliwości” rozumiem, że chodzi o przedział zmian częstotliwości?

„... 100% optymalna jakość energii elektrycznej.” Optymalna to znaczy jaka, jakie jest kryterium optymalizacji?

Str. 124, tabela 6.2 i dalsze, co oznaczają wartości min., śr i max.? Brak wyjaśnienia. Dlaczego dla wszystkich punktów wskaźnik WDO ma taką samą wartość? Dlaczego oznaczenia danych są czynione globalnie?

Str. 124, 5 linijka od końca – skupienia 3 i 5 dotyczą okresu wyłączenia generacji?

