

Wrocław, 2017-08-21

Prof. dr hab. inż. Marian Sobierajski
Katedra Energoelektryki
Politechniki Wrocławskiej

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza
wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci
przesyłowej"**

Promotor pracy: dr hab. inż. Maksymilian Przygrodzki

CEL ROZPRAWY

Aktualny stan krajowej sieci przesyłowej 400/220 kV wymaga modernizacji linii 220 kV i budowy nowych linii 400 kV tworzących obwody oczkowe. Obecnie niedostateczne zdolności przesyłowe muszą być wspomagane siecią 110 kV. W tym celu tworzone są po stronie 110 kV obwody oczkowe 400/110kV - 400/110 kV, 400/110 kV - 220/110 kV, 220/110 kV - 220/110 kV. Prowadzi to do nieuzasadnionych dużych strat przesyłowych i dlatego jednym z priorytetów rozbudowy sieci przesyłowej jest rozcinanie tych połączeń..

Podejmowanie decyzji o budowie nowych linii 400 kV powinno wynikać nie tylko z wymagań kryterium N-1, N-2, ale także z optymalnych kosztów

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

rozbudowy sieci przesyłowej w długim okresie czasu, przy niepełnej informacji o przyszłych uwarunkowaniach Krajowego Systemu Elektroenergetycznego.

Po dokonaniu szczegółowego i krytycznego przeglądu metodyki planowania rozwoju w wybranych krajach Doktorant stwierdza, że potrzebne jest nowe ujęcie procesu planowania rozwoju sieci przesyłowej z uwzględnieniem losowych uwarunkowań.

Opiniowana rozprawa doktorska mieści się w nurcie światowych badań naukowych i ma bardzo duże znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego w horyzoncie czasowym 10 lat.

TEZA ROZPRAWY

W oparciu o przeprowadzoną analizę literatury przedmiotu Doktorant stawia następującą tezę:

Wzrost udziału niedeterministycznych uwarunkowań procesu planowania rozwoju sieci przesyłowej wymaga stosowania modeli probabilistycznych uzupełniających proces planistyczny. Modele te umożliwiają podejmowanie racjonalnych decyzji inwestycyjnych.

Dowód tezy przeprowadził Doktorant w kilku rozdziałach rozprawy.

W rozdziale 3 dokonał analizy i oceny wpływu uwarunkowań rynkowych, ekologicznych, technologicznych, prognostycznych i dostępnych pakietów komputerowych na metodykę planowania rozwoju sieci przesyłowej. Szczegółowo

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

przeanalizował metodę Monte Carlo oraz LHS (Latin Hypercube Sampling) pod kątem zastosowania do modelowania losowych zdarzeń. W metodzie Monte Carlo zwiększenie liczby symulacji zwiększa dokładność estymowanych wielkości, co bardzo wydłuża czas obliczeń komputerowych w zagadnieniu wielowymiarowym, jakim jest planowanie rozwoju sieci przesyłowej. Z tego powodu Doktorant zastosował do symulacji metodę LHS, bo pozwala ona zmniejszyć liczbę symulacji, poprzez podział losowań na partycje i paczki.

W rozdziale 4 Doktorant zaproponował nowe hybrydowe ujęcie procesu planowania rozwoju sieci przesyłowej, łącząc ujęcie deterministyczne i probabilistyczne.

W rozdziale 5 przedstawił wyniki przykładowych obliczeń dla testowej sieci składającej się z 39 węzłów i 50 gałęzi. Obliczenia komputerowe zostały wykonane metodą deterministyczną, metodą symulacji losowych i metodą zmodyfikowanej estymacji dwupunktowej.

W rozdziale 6 Doktorant podsumował przeprowadzone badania i podał argumenty udowadniające tezę rozprawy doktorskiej.

Praca zawiera bogaty przegląd literatury (153 pozycje), wskazujący na dogłębne rozpoznanie prac innych autorów zajmujących się podobną problematyką na świecie i w kraju. Na podkreślenie zasługuje aktywność publikacyjna Doktoranta. Jest on autorem i współautorem 24 publikacji.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

Stwierdzam, że:

- wybrany przez Doktoranta temat badawczy ma duże znaczenie teoretyczne i praktyczne,
- teza rozprawy doktorskiej została sformułowana poprawnie,
- trafnie został wybrany sposób udowodnienia tezy,
- rozprawa jest oryginalna w dyscyplinie naukowej elektrotechnika.

WYKAZANIE POPRAWNOŚCI TEZY

Doktorant wykazał w rozprawie, że celowe jest stosowanie podejścia probabilistycznego w procesie modelowania rozwoju sieci przesyłowej. Ponadto zaproponowane w rozprawie nowe metodyczne ujęcie procesu planowania rozwoju sieci przesyłowej ma charakter implementacyjny.

UWAGI

Rozprawa jest dobrze zredagowana. Wywody są jasne i klarowne. Ze sposobu argumentacji jasno widać, że Doktorant posiada ogromną wiedzę w zagadnieniach teoretycznych i praktycznych planowania rozwoju sieci przesyłowych na świecie i kraju.

1. Do wyznaczenia prawdopodobieństwa p_i wyłączenia konkretnej linii 400 kV oraz 220 kV Doktorant zastosował wzór podany na str. 69,

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

$$p_i = \frac{L_i}{100} \frac{12T_i}{8760}$$

gdzie:

T_i - średni czas w godz. wyłączeń linii w czasie jednego miesiąca,

L_i - długość linii w km.

Moim zdaniem konieczna jest - w przypadku stosowania takiego wzoru - standaryzacja wartości prawdopodobieństwa, aby wynikowe prawdopodobieństwo dla długiej linii nie przekroczyło wartości równej jeden. Np. dla linii o długości 200 km i średnim miesięcznym czasie wyłączeń 500 godzin/rok mamy

$$p_i = \frac{L_i}{100} \frac{12T_i}{8760} = 2 \frac{12 \cdot 500}{8760} = 2 \cdot 0.68 = 1.36$$

Ponadto prawdopodobieństwa poszczególnych zdarzeń muszą być takie, aby prawdopodobieństwo wystąpienia wszystkich zdarzeń było równe jeden.

2. W rozdziale 4 opisując nowe sformułowanie metodyczne procesu planowania rozwoju sieci przesyłowej Doktorant nie sformułował założeń upraszczających dotyczących modelowania losowego charakteru analizowanych zmiennych. Przykładowo nie informuje, jakie rozkłady prawdopodobieństwa losowych zmian mocy węzłowych były przyjmowane w symulacjach. Jeżeli były to rozkłady normalne, to powinny być to rozkłady dwustronnie obcięte, aby wyeliminować wylosowanie wartości mocy nie realizowalnych technicznie.

3. Brak jest informacji o sposobie bilansowania wylosowanych zmian mocy węzłowych. W rzeczywistych systemach elektroenergetycznych zmiany te są pokrywane przez zmiany generacji w elektrowniach regulacyjnych (pierwotna,

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

wtórna i trójna regulacja częstotliwości), przy stałej mocy wymiany z systemami sąsiednich krajów. Bilansowanie wylosowanych mocy węzłowych nie może być ograniczone tylko do węzła bilansującego!

4. Wylosowane wypadnięcie generacji ze źródeł odnawialnych (wiatr, słońce) jest pokrywane przez elektrownie biorące udział w regulacji częstotliwości. Istotne są zatem ograniczenia technologiczne tych elektrowni, czyli niedopuszczalność wyłączenia lub przekroczenia maksimum/minimum technologicznego. Brak jest informacji na ten temat.

5. Na str. 94 w podpunkcie d) Doktorant pisze, że proponowane ujęcie obejmuje "... kryteria probabilistyczne, co najmniej w zakresie: oceny dopuszczalności pracy systemu elektroenergetycznego (rozpływowe/zwarciove/stabilnościowe) ...". Z dalszej treści rozprawy nie wynika jednak, czy ocena obejmuje również wymaganie przez Operatora Sieci Przesyłowej co najmniej 5% zapasu przesyłu mocy przy zachowaniu statycznej stabilności napięciowej.

6. Na str. 98 w punkcie 8 Doktorant pisze, że w planowaniu " ... dla perspektywy t+5 proponuje się godzinową rozdzielczość scenariuszy warunków rozwoju. Oznacza to analizy 8760 godzin w roku i definiowanie stanów losowych w obrębie pojedynczej godziny ...". Mam wątpliwości, co do dostępności i jakości prognoz godzinowych zapotrzebowania mocy w węzłach 110kV/SN z takim wyprzedzeniem czasowym, a co za tym idzie także do poprawności modelowania mocy węzłowych jako zmiennych losowych o normalnym rozkładzie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

prawdopodobieństwa. W takim przypadku - moim zdaniem - niepewność prognoz powinna być zastąpiona rozkładami prostokątnymi. Przyjęcie rozkładów prostokątnych skłania do podziału doby na 4 przedziały czasowe: 1. przedział z doliną nocną, 2. przedział ze szczytem rannym, 3. przedział ze szczytem południowym, 4. przedział ze szczytem wieczornym. W efekcie nastąpiłoby znaczne ograniczenie liczby losowań.

7. Czy wyłączenia pojedynczych torów linii 2-torowych i wielotorowych traktowane są jako niezależne? Moim zdaniem nie powinno być tak, zwłaszcza przy planowanych wyłączeniach remontowych.

8. Wyłączenia wylosowanych linii promieniowych 400 kV, 220 kV, 110 kV zawsze prowadzą do osobliwości macierzy Jacobiego równań węzłowych, a tym samym do utraty zbieżności procesu iteracyjnego obliczania rozptywu mocy. I jako takie mogą być eliminowane z procesu obliczeń. W przypadku pełnej krajowej sieci 400/220/110 kV takich linii jest znaczna liczba. W rozprawie brak informacji na ten temat.

9. W rozdziale 5 Doktorant podaje informacje o przykładzie obliczeniowym, ale nie zamieszcza tabel danych węzłowych (odbiorcy, generacje, dopuszczalne moce bierne, maksymalne i minimalne generacje mocy czynnych, sposób regulacji napięć w węzłach elektrownianych oraz za pomocą przekładni transformatorów w głębi sieci) i gałęziowych (parametry zastępcze linii i

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Lubickiego pt. "Analiza wybranych probabilistycznych elementów planowania rozwoju sieci przesyłowej"

transfornatorów). Trudno zatem czytelnikowi wyrobić sobie pogląd o poprawności wyników przykładowych obliczeń zaprezentowanych w rozprawie.

Powyższe uwagi należy traktować jako propozycje recenzenta do dalszej pracy badawczej nad pełnym rozwiązaniem tego wyjątkowo skomplikowanego zagadnienia naukowego.

WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy bardzo ważnego i trudnego teoretycznego zagadnienia planowania rozwoju sieci przesyłowej.

Uważam, że Doktorant rozwiązując postawione sobie zadanie wykazał się dużą wiedzą teoretyczną i praktyczną z elektrotechniki, rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej, technik programowania komputerowego.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania obowiązującej ustawy o stopniach i tytułach naukowych i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Wojciecha Lubickiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Prof. dr hab. inż. Marian Sobierajski

