



Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Wojaczka
„Dobór okresów obsługi elementów bloku energetycznego z uwzględnieniem niezawodności i ryzyka”

A. OCENA TEMATYKI PODJĘTYCH BADAŃ

W ostatnich latach krajowy system energetyczny podlega ciągłym zmianom. Dotyczą one zarówno stosunków własnościowych, spraw organizacyjnych jak i struktury technologicznej. Powodem tych zmian jest m.in. konieczność wprowadzenia nowych rozwiązań rynkowych, wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, konieczność spełnienia wymagań o charakterze ekologicznym, w tym ograniczenia emisji CO₂, pojawianie się nowych technologii oraz doskonalenie istniejących technologii, zwłaszcza opartych o paliwa kopalne. W tym ostatnim przypadku ogólna tendencja rozwojowa sprowadza się do budowy nowych oraz zapewnienia użytkowania istniejących bloków, w taki sposób aby spełnione były wszystkie wymagania ochrony środowiska, a finalna cena energii była ceną konkurencyjną. Struktura wiekowa krajowych bloków energetycznych wskazuje, że większość z nich przekroczyła 200 tys. godzin eksploatacji. Planowane inwestycje przy istniejących ograniczeniach, zwłaszcza finansowych, nie pozwolą w krótkim czasie na wymianę wyeksploatowanych bloków. To z kolei, co zresztą potwierdza w swojej pracy Doktorant, będzie prowadziło do wzrostu awaryjności i obniżenia dyspozycyjności całego systemu energetycznego. Przeciwwstawienie się tym tendencjom m.in. poprzez intensyfikację gospodarki diagnostyczno – remontowej wymagać będzie znaczących nakładów finansowych. W tym kontekście podjęcie przez Doktoranta tematyki racjonalizacji planowania gospodarki remontowej przy uwzględnieniu kryterium bezpieczeństwa i kosztów należy uznać za w pełni uzasadnione. Tematyka ta jest interesująca zarówno dla obiektów o znacznym stopniu zużycia jak i dla obiektów wprowadzanych do eksploatacji. Koszty związane z badaniami diagnostycznymi, przeglądami i remontami są bowiem tak wysokie, że w ostatecznej cenie energii stanowią znaczącą jej część. Warto podkreślić, że praca doktorska jest efektem badań prowadzonych w ramach dwóch projektów: projektu zamawianego „*Nadkrytyczne bloki węglowe*”, w ramach którego powstał m.in. program oceny ryzyka oraz projektu strategicznego „*Zaawansowane technologie pozyskiwania energii. Zadanie 1*”, w ramach którego opracowano procedury optymalizacyjne działań remontowych wykorzystujących kryterium ryzyka i niezawodności”.

B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY

Recenzowana praca doktorska liczy 167 stron i została podzielona na 9 rozdziałów, spis literatury oraz wykaz oznaczeń. W rozdziale pierwszym przedstawiono ogólną charakterystykę krajowego systemu energetycznego, jego strukturę oraz prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną do roku 2030. Końcowa część tego rozdziału zawiera sformułowanie głównego celu pracy którym jest „... *przeгляд istniejących oraz opracowanie nowych metod doboru okresów i zakresów prac obsługowo –remontowych maszyn i urządzeń energetycznych z uwzględnieniem ich niezawodności i ryzyka oraz zastosowanie tych metod*”.

do planowania obsługi i remontów rzeczywistych elementów i układów bloków energetycznych". Sformułowano tu również 8 celów cząstkowych.

Rozdział drugi poświęcono przeglądowi gospodarki remontowej prowadzonej w elektrowniach krajowych. Przedyskutowano główne strategie remontowe elektrowni podkreślając, że w zdecydowanej większości przypadków są to działania planowo - zapobiegawcze przeprowadzane według wcześniej ustalonych cykli, chociaż długość tych cykli ulega w ostatnich latach wydłużaniu. W rozdziale tym opisano również zakresy typowych prac remontowych, sposoby planowania kampanii remontowej, w tym planowania czasów trwania prac remontowych i sposoby dokumentowania przeprowadzonych remontów.

Rozdział trzeci zawiera omówienie stanu niezawodnościowego krajowych bloków energetycznych oraz jego ewolucję w ostatnich dziesięciu latach. Podano szczegółowe wartości wskaźników awaryjności i dyspozycyjności dla wybranych grup bloków dużej mocy, zwracając uwagę na niekorzystne tendencje zmian wartości tych wskaźników. W punkcie 3.3 podano interesujące zestawienie wskaźników remontowych ze wskaźnikami awaryjności stwierdzając brak korelacji pomiędzy tymi wielkościami. Podsumowaniem tego rozdziału są wykresy dystrybuanty mocy dyspozycyjnej krajowego systemu elektroenergetycznego, a także wartości wskaźnika LOLP (Loss of Load Probability) czyli prawdopodobieństwa niepokrycia przez system maksymalnego zapotrzebowania na energię, opracowane dla lat 2003 ÷ 2009. Mimo przeglądowego charakteru rozdziału te (2 i 3) kończą się konkluzjami o istotnych walorach merytorycznych. Wyniki przeprowadzonej dyskusji i sformułowane syntezy stanowią merytoryczne uzasadnienie podjęcia badań oraz wskazują na kierunki postępowania w zakresie polityki remontowej.

Rozdział następny zawiera podstawowe informacje o rozkładach zmiennej losowej trwałości, metodach szacowania parametrów tych rozkładów, metodach wnioskowania statystycznego. Podano również przykład doboru postaci dystrybuanty trwałości obracarki turbiny.

Zasadniczą część pracy stanowią rozdziały 5, 6, 7, 8.

Pierwszy z nich poświęcono optymalizacji czasów obsługi i wymiany elementów z uwzględnieniem niezawodności. Najpierw podano szczegółową klasyfikację działań naprawczych a także ich podział ze względu na jakość uzyskanych efektów tych działań. Następnie w punktach 5.2 i 5.3 przedstawiono modele matematyczne optymalizacji wymiany prewencyjnej elementów zarówno okresowej jak i sekwencyjnej. Rozdział ten opracowany w większości w oparciu o badania literaturowe zawiera szereg własnych przykładów obliczeniowych zastosowania tych modeli. Rozszerzenie tych modeli wraz z przykładami obliczeniowymi zawiera rozdział 5.4. Cały rozdział jest dowodem szerokiej wiedzy Autora rozprawy.

W rozdziale szóstym Autor wprowadza pojęcie ryzyka i omawia ogólną procedurę zarządzania ryzykiem. Opisano demonstracyjną wersję programu komputerowego służącego do wspomagania oceny ryzyka technicznego stwarzanego przez główne elementy bloku energetycznego. Opisano struktury programu, jego działanie oraz podano bardzo ogólne informacje o modelach obliczeniowych wykorzystywanych w tym programie. Program ten jest najprawdopodobniej pierwszą krajową próbą opracowania systemu wspomagania oceny ryzyka powodowanego eksploatacją bloków energetycznych. W jego opracowaniu wykorzystano wieloletnie doświadczenia Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych w obszarze objętym tematyką rozprawy, w tym szczególnie promotora rozprawy. Nie umniejsza to oryginalności wkładu doktoranta w opracowanie programu

Strategie remontowe oparte o analizę ryzyka omówiono w rozdziale 7. Sformułowano zagadnienie zarządzania ryzykiem definiując go jako proces optymalizacyjny. Podano szereg modeli doboru zakresów (punkt 7.3) i okresów (punkt 7.4) remontów ze względu na kryterium dopuszczalnego poziomu ryzyka. Przedstawiono również modele uwzględniające

aspekty ekonomiczne przeprowadzania remontów (punkty 7.5 i 7.6) złożonych układów bloku energetycznego. W modelach tych wykorzystano zaawansowane metody analizy ryzyka w tym metodę drzewa uszkodzeń a także własne dedykowane metody optymalizacyjne.

Rozdział ósmy zawiera przykłady racjonalizacji działań remontowych ze względu na kryterium gotowości bloku energetycznego. Do opracowanego tu modelu wykorzystano procesy Markowa oraz zaawansowane metody optymalizacyjne w tym algorytmy genetyczne. Wyniki zawarte w rozdziałach 6,7 i 8 są i istotne dla oceny merytorycznej rozprawy i pozwalają sformułować jej wysoka ocenę.

Wnioski końcowe z pracy a także kierunki dalszych badań podano w rozdziale 9. Kończącym elementem rozprawy jest spis literatury obejmujący 117 pozycji w tym kilkanaście artykułów i referatów współautorskich mgr Adama Wojaczka.

C. OCENA ROZPRAWY

C.1. Uwagi ogólne

W recenzowanej rozprawie Doktorant podejmuje ważną problematykę optymalizacji jednego z aspektów procesu eksploatacji, a mianowicie gospodarki remontowej. Jest to tematyka ważna zarówno z teoretycznego punktu widzenia jak i zastosowań praktycznych. Dokonując szerokiego, wnoszącego wiele nowych informacji, przeglądu stosowanych obecnie strategii remontowych oraz analizując wzajemne relacje pomiędzy wskaźnikami awaryjności i dyspozycyjności z jednej strony, a wskaźnikami charakteryzującymi intensywność remontów z drugiej strony, Autor stwierdził konieczność wprowadzenia zmian w tych strategiach. Zaproponował inne podejście uwzględniające kryteria niezawodności i ryzyka oraz efektywności ekonomicznej. W pracy wykorzystał zarówno zaawansowane metody analizy ryzyka, w tym metody drzewa błędów, procesy Markowa, jak i zaawansowane metody optymalizacji matematycznej.

Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- współautorstwo algorytmów i programu służącego do wspomagania oceny ryzyka technicznego powodowanego eksploatacją bloków energetycznych,
- opracowanie procedur optymalizacyjnych opartych o algorytmy genetyczne, metodę *Monte Carlo*, a także własne algorytmy oraz ich implementacja do optymalizacji gospodarki remontowej,
- opracowanie metod i procedur doboru zakresów i okresów działań obsługowo – remontowych uwzględniających kryterium niezawodności, kryterium ryzyka oraz kryteria ekonomiczne.

C.2. Uwagi szczegółowe

- a. Str. 16, punkt 2.2, w którym Autor podaje wskaźniki jakości eksploatacji jest niepotrzebny. Te same wskaźniki zdefiniowano w punkcie 3.2 i tam mogły być one szerzej opisane.
- b. Str. 17, strategii remontowe oparte o analizę stanu technicznego i pomiary sygnałów diagnostycznych mogą być równocześnie strategiami wykorzystującymi ocenę niezawodności i ryzyka technicznego czego nie uwzględnia schemat 2.2.
- c. Str. 23 i dalsze, szczegółowe przykładowe zakresy remontów różnych typów mogłyby znaleźć się w załączeniu do pracy.
- d. W punkcie 2.6, 2.8 oraz 2.9 Autor omawia organizację gospodarki remontowej sugerując, że większość takich prac wykonują własne służby remontowe elektrowni. W rzeczywistości obecnie przeważa tendencja wykonywania prac diagnostyczno – remontowych przez firmy zewnętrzne.
- e. Opis programu służącego do oceny ryzyka stwarzanego przez blok energetyczny - punkt 6.2 jest stosunkowo ubogi choć jest to istotne osiągnięcie Doktoranta.

C.3. Pytania

1. Na str. 16 rys. 2.1 podano typowy przebieg funkcji intensywności uszkodzeń. Czy jest on zawsze prawdziwy dla elementów maszyn i urządzeń energetycznych? Czy możliwe są inne kształty tej funkcji?
2. W przypadku nowobudowanych bloków energetycznych brak jest danych o awaryjności ich elementów. Jak wówczas określać prawdopodobieństwo ich uszkodzenia się?
3. W wielu przykładach oceny ryzyka Autor wyraża konsekwencje w umownych jednostkach monetarnych. Czy za każdym razem jest to ta sama wartość?
4. W opracowanych modelach doboru okresów między-remontowych rozwiązania optymalne uzależnione są m.in. od jakości przeprowadzonych remontów tzn. odnow doskonałych bądź też niedoskonałych. W jaki sposób określić poziom tej niedoskonałości?
5. W teorii niezawodności uznaje się, że obiekty, których czas pracy do uszkodzenia jest opisany rozkładem wykładniczym nie poddaje się zabiegom odnowy. W pracy doktorskiej trwałość niektórych elementów złożonych układów była opisana rozkładem wykładniczym. Czy należy zatem poddawać je zabiegom odnowy?

D. WNIOSEK KOŃCOWY

- Mgr inż. Adam Wojacek zrealizował w całości zakres planowanych badań i osiągnął założone cele w recenzowanej rozprawie. Wykazał się przy tym głęboką wiedzą i umiejętnościami w zakresie modelowania matematycznego oraz szeroką znajomością zagadnień dotyczących eksploatacji bloków energetycznych.
- Jego praca zawiera wiele oryginalnych rozwiązań zarówno w zakresie metodologicznym jak i poznawczym. Sformułowane zadania, ich rozwiązanie oraz dyskusja i interpretacja wyników istotnie poszerzają wiedzę i informacje o sposobach organizacji obsługi elementów bloku energetycznego z uwzględnieniem różnych funkcji celu.

Biorąc powyższe pod uwagę z pełnym przekonaniem stwierdzam, że przedstawiona praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie o Stopniach i Tytułach Naukowych i wnioskuję do Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

