

Gdańsk, 3 lipca 2019

Prof. dr hab. inż. Zygfryd Domachowski
Politechnika Gdańska
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa

Opinia

o pracy doktorskiej mgr inż. Justyny Ślęzak – Żołny

pt. *Metoda neuronowego modelowania wzorców sprawnej pracy parowych bloków energetycznych
diagnozowanych cieplnie „on – line”*

Przedmiotem recenzji jest druga, poprawiona, wersja pracy doktorskiej pod wymienionym wyżej tytułem. Pierwotna wersja, zdaniem recenzentów, wymagała zmian głównie redakcyjnych. Obecnie tekst pracy doktorskiej jest podzielony na część zasadniczą, liczącą 110 stron, oraz załączniki zawarte w drugiej części na około 100 stronach. To oraz starania odnoszące się do stylu i poprawności językowej nadały tekstowi pracy doktorskiej cechy pożądanej zwartości i przejrzystości.

W podsumowaniu wcześniejszej własnej recenzji użyto sformułowania: „Recenzent wysoko ocenia naukową zawartość pracy doktorskiej”. Tę opinię, odnoszącą się do naukowej wartości pracy doktorskiej, recenzent oczywiście podtrzymuje. Ówczesne szczegółowe uzasadnienie takiej oceny można by traktować jako uzupełnienie niniejszej recenzji. Z tego powodu poniżej zostaną powtórzone, ujęte w cudzysłów, fragmenty wcześniejszej recenzji. Otóż, „jako cel obrano w opiniowanej pracy doktorskiej opracowanie metody tworzenia symulatora poprawnego działania turbozespołu parowego. Przy czym symulatorem jest model w postaci sztucznej sieci neuronowej. W związku z czym sformułowano tezę o możliwości określenia w ten sposób tzw. stanów referencyjnych turbozespołu parowego. Tą nazwą określa się w opiniowanej pracy doktorskiej stan prawidłowego działania turbozespołu, co oznacza najczęściej stan najwyższej teoretycznie osiągalnej sprawności, przy zmierzonych wartościach wybranych (spośród dostępnych do pomiaru) wielkości charakteryzujących stan turbozespołu... Model referencyjny, jako wzorzec poprawnego działania w wymienionym wcześniej sensie, pozwala wykrywać skutki ewentualnych nieprawidłowości. Objawiają je różnice między przebiegami wybranych składowych stanu turbozespołu, określonymi na podstawie pomiarów, oraz odpowiadającymi im wyjściami modelu referencyjnego. Tym się kierując, można poszukiwać przyczyn wykrytych różnic. Takie postępowanie jest nazywane w pracy doktorskiej diagnostyką cieplno – przepływową. Ponieważ jest wykonywana on – line, to od stanowiącej model referencyjny sztucznej sieci neuronowej wymaga się szybkiego przetwarzania informacji i dokładnej symulacji”.

W elektroenergetyce cieplnej bloki parowe w dalszym ciągu odgrywają podstawową rolę. Osiąganie w ich działaniu możliwie największej sprawności przetwarzania energii pierwotnej oznacza nie tylko zmniejszenie jednostkowego kosztu wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, ale zarazem, będące przedmiotem coraz powszechniejszej uwagi, zmniejszenie szkodliwości ekologicznej tego rodzaju wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Ponadto, wobec wzrostu w świecie udziału odnawialnych źródeł energii (słońca i wiatru) w elektroenergetyce światowej, charakteryzujących się

ciągłą zmiennością w dostarczaniu energii, m.in. bloki parowe uczestniczą w podtrzymywaniu statecznego działania systemu elektroenergetycznego. To sprawia, że tego rodzaju bloki działają przy zmieniającym się nieustannie obciążeniu, wymagają również częstych odstawień i uruchomień. Tego skutkiem jest wzrost kosztu wytwarzania energii elektrycznej, szybsze zużywanie się urządzeń, uszkodzenia, większą awaryjność instalacji. W eksploatacji takich bloków energetycznych jest niezbędne wsparcie wykorzystywanego on – line nadzoru nad działaniem instalacji. Taki cel mają starania zmierzające do rozwoju diagnostyki ciepłno – przepływowej. W nich istotne znaczenie ma poprawne określanie wzorcowej wartości chwilowej sprawności turbozespołu. Okazuje się, że w takim zadaniu użyteczną rolę mogą pełnić odpowiednio projektowane (proste, niezawodne, działające szybko) sieci neuronowe. W blokach parowych takie możliwości sieci neuronowych są dotychczas wykorzystywane w małym zakresie. Opiniowana praca doktorska stanowi oryginalną propozycję zastosowania w diagnostyce ciepłno-przepływowej nowoczesnej metody sztucznych sieci neuronowych.

„Synteza sztucznej sieci neuronowej nie jest procedurą sformalizowaną. W związku z czym doktorantka nazywa ją trafnie postępowaniem heurystycznym. Odnosi się to nie tylko do wyboru liczby warstw sieci, liczby neuronów w warstwie, czy liczby tzw. epok (liczby powtórzeń procesu uczenia sieci). Dużą rolę w tym postępowaniu odgrywa doświadczenie i intuicja wykonawcy zadania. Przy czym, zarówno w tworzeniu sieci neuronowej jak i w rozpoznawaniu procesu technologicznego. Takich cech doktorantki praca doktorska jest ilustracją. W opracowywaniu metody tworzenia modelu referencyjnego turbozespołu – w syntezie spełniającej tę rolę sztucznej sieci neuronowej doktorantka, z jednej strony, stosuje utarte podejście chociaż z własnymi odniesieniami, nierzadko krytycznymi, do poszczególnych aspektów postępowania. Z drugiej strony wnosi własne oryginalne pomysły, jak tzw. odwróconą metodę scyzoryka, odnoszącą się do przeszukiwania zbioru danych pomiarowych w celu optymalizacji zbiorów uczących i testujących oraz tzw. normalizację adaptacyjną, której celem jest samoadaptacja sieci neuronowej do zmieniających się warunków pracy turbozespołu...

Warto jeszcze zwrócić uwagę na zastosowaną i zalecaną przez doktorantkę metodę równoległej syntezy wielu wariantów poszukiwanej sztucznej sieci neuronowej, nazywaną metodą paralelizacji. Jednoczesna wielowariantowa próba optymalizacji struktury sieci neuronowej zmniejsza ryzyko niepowodzenia (utknięcia w „martwym punkcie”), co nierzadko występuje w standardowym podejściu (jednowariantowym) do syntezy sztucznych sieci neuronowych.

Zawarte w pracy doktorskiej wyniki badań nad zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych do symulacji procesów w turbozespołach parowych stanowią poważne osiągnięcie, które wymagało dużego i długotrwałego wysiłku. Przy czym o naukowej rzetelności i dojrzałości doktorantki świadczy niejednokrotne wskazanie własnych niepowodzeń i błędów. Na podstawie takich doświadczeń formułuje ona rady i zalecenia dla postępowania w analogicznych sytuacjach. Niejednokrotnie również wskazuje celowość podjęcia w przyszłości badań odnoszących się do poszczególnych aspektów tworzenia sztucznych sieci neuronowych.

Szczegółowe rozważania i pomiary odniesiono do jednego typu bloków elektroenergetycznych, występujących w polskim systemie elektroenergetycznym, do bloku kondensacyjnego o mocy 200MW. Mimo to opracowaną metodę formułowania modelu referencyjnego

zastosowano z powodzeniem do turbozespołu innego typu – przeciwprężnego o mocy 60MW. Przy czym, chociaż tego rodzaju stany występują zapewne rzadko (zwłaszcza w niezbyt zużytych turbozespołach), a ponadto oznaczają zmianę struktury modelu referencyjnego, to jest to przykładem wnikliwej analizy sytuacji eksploatacyjnych w elektrowniach, z jednej strony, oraz dowodzi pożądanej elastyczności metody, z drugiej strony”.

M.in. upływ czasu od przedstawienia pierwszej wersji opiniowanej pracy doktorskiej sprawił, że uaktualniono i rozszerzono wykaz bibliografii. W związku z tym dostrzeżono pewne drobne uchybienia redakcyjne. Otóż nie występują w wykazie literatury cytowane w tekście pracy doktorskiej pozycje oznaczone sygnaturami DCSS16, Ta08, Opt12, DrGo17, NoRu16, VGK93, Pe92.

Podsumowanie

Obrane jako temat pracy doktorskiej zadanie naukowe zostało wykonane. Przy czym zawartość pracy doktorskiej dowodzi wszechstronnej wiedzy doktorantki z zakresu turbin parowych, bloków elektroenergetycznych, ich eksploatacji, z jednej strony, oraz swego rodzaju biegłości w zakresie syntezy sztucznych sieci neuronowych, z drugiej strony. W ten sposób są spełnione wymagania uprawniające do nadania mgr inż. Justynie Ślęzak – Żołnie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Recenzent wnosi o dopuszczenie pracy doktorskiej do publicznej obrony.

Ze względu na wysoką wartość merytoryczną pracy doktorskiej, nowatorskie opracowanie modelu referencyjnego turbozespołu parowego oraz innowacyjnej nowoczesnej metody zastosowania sztucznych sieci neuronowych w diagnostyce ciepłno – przepływowej turbozespołów parowych, recenzent wnosi o wyróżnienie pracy doktorskiej.

Łukasz Domacki

