
RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

(na zlecenie Przewodniczącego Rady Doskonałości Naukowej Automatyki, Elektroniki, Elektrotechniki i Technologii Kosmicznych Politechniki Lubelskiej z dnia 01.08.2023)

TYTUŁ ROZPRAWY: Wykorzystanie miękkich metod hybrydowych do diagnostyki procesu spalania

AUTOR ROZPRAWY: mgr inż. Żaklin Grądz

PROMOTOR ROZPRAWY: prof. dr hab. inż Waldemar Wójcik

PROMOTOR POMOCNICZY: dr hab. inż Konrad Gromaszek

1. Cel badań– tezy rozprawy

Rozprawa poświęcona jest diagnostyce procesu spalania pyłu węglowego oraz współspalania pyłu węglowego z biomasą. Podjęty w pracy temat należy do zagadnień istotnych z punktu widzenia wytwarzania energii oraz ochrony środowiska naturalnego. Ważną rolę odgrywa tu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, ze szczególnym uwzględnieniem tlenków azotu NOX oraz ograniczenie możliwości wystąpienia emisji CO. Zadanie stojące przed doktorantką należy do zagadnień bardzo trudnych, gdyż wymaga przeanalizowania szeregu problemów związanych z diagnostyką techniczną procesu spalania pyłu węglowego oraz jego mieszaniu z biomasą w warunkach przemysłowych. W szczególności należało przeprowadzić analizę:

- metod i układów wykorzystywanych w diagnostyce technicznej,
- celów diagnostyki spalania pyłu węglowego oraz jego współspalania z biomasą,
- metod ograniczania emisji zanieczyszczeń do atmosfery,
- ekologicznych i ekonomicznych aspektów procesów spalania,
- metod wykorzystujących sztuczną inteligencję w aspekcie zastosowania ich do diagnostyki procesu spalania,
- koncepcji hybrydowego układu diagnostyki procesów spalania pyłu węglowego oraz jego mieszanin z biomasą.

Dla realizacji tak postawionych zadań należało przeprowadzić badania eksperymentalne, które zostały zrealizowane na stanowisko laboratoryjnym w Instytucie Energetyki w Warszawie wykorzystaniem światłowodowego wielokanałowego układu monitorującego płomień. Układ ten umożliwił rejestrację w czasie rzeczywistych rzeczywistym sygnały z wybranych stref płomienia. Dane uzyskane ze stanowiska laboratoryjnego posłużyły do badań obejmujących między innymi:

- analizę statystyczną intensywności świecenia płomienia w celu wyboru najbardziej wrażliwej strefy promienia,
- wyznaczenie trendów zmian intensywności świecenia promienia wybranej jego strefie,
- wyznaczenia zmienności częstotliwościowej analizowanych sygnałów z wykorzystaniem transformaty Fouriera i falkowej,
- wyznaczenie modeli szeregów czasowych sygnałów z płomienia, pozwalających na wyznaczenie prognoz ich zmienności,
- przeprowadzenie klasyfikacji stanów płomienia z wykorzystaniem sieci neuronowych i logiki rozmytej.

Sformułowana przez doktorantką teza brzmi: *„Analiza procesu spalania pyłu węglowego oraz jego współspalania z biomasą pozwoli na wyznaczenie parametrów diagnostycznych oraz ich wartości, które umożliwią na eksploatację palnika zapewniającego jego bezpieczną pracę oraz emisję zanieczyszczeń do atmosfery na akceptowalnym poziomie”*.

Celem pracy jest opracowanie algorytmu pozwalającego na uzyskanie informacji o wystąpieniu parametrów świadczących o zagrożeniu lub zwiększonej emisyjności.

W moim przekonaniu teza rozprawy jest sformułowana zbyt ogólnikowo. Mimo tej uwagi uważam że cele badawcze zostały wybrane prawidłowo a uzyskane rezultaty świadczą o zrealizowaniu celu końcowego.

2. Charakter rozprawy (teoretyczny, doświadczalny, konstrukcyjny)

Rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny.

3. Sposób przeprowadzenia analizy źródeł (w tym literatury światowej) i formułowanie wniosków z analizy

Doktorantka w rozprawie cytuje 135 pozycji literaturowych, z których zdecydowana większość opublikowana jest w ciągu ostatniej dekady, obszar tematyczny jest odpowiedni do realizacji tej pracy, zaś sformułowane wnioski świadczą o głębokiej wiedzy, którą posiada. Należy podkreślić, że wiele cytowanych pozycji literaturowych charakteryzuje zasięg międzynarodowy, mogę więc stwierdzić, że przeprowadzona analiza jest wystarczająco obszerna, a sformułowane na jej podstawie wnioski są poprawne.

4. Rozwiązanie postawionego zadania, właściwości przyjętych metod i założeń

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy 145 stron. Można ją podzielić na 2 części. Pierwsza obejmująca rozdziały 3,4 i 5 poświęcona jest analizie teoretycznej zagadnień mających na celu stworzenie podstaw do koncepcji algorytmu diagnostycznego. W tej części autorka wykazała dobre przygotowanie teoretyczne dla realizacji postawionego celu.

Druga część rozprawy obejmująca rozdziały 6 i 7, poświęcona jest przeprowadzeniu badań eksperymentalnych oraz analizie ich wyników. Jest to najważniejsza część pracy, której autorka

zaprezentowała rozległy warsztat badawczy pozwalający na eksperymentalną weryfikację opracowanych wcześniej modeli i algorytmów. Wyniki badań eksperymentalnych potwierdzają dużą zgodność z rozważaniami teoretycznymi, co świadczy o tym, że przyjęta w pracy podejście jest prawidłowe, zaś przeprowadzone analizy nie budzą wątpliwości. Merytoryczną część pracy kończy podsumowanie i wnioski oraz określony został dalszy kierunek badań (rozdział 8).

W pracy zamieszczone są dodatki zawierające wybrane przebiegi zmian intensywności świecenia płomienia (załącznik A i) oraz wykaz reguł rozmytych dla modelu ANFIS przy klasyfikacji wieloklasowej, które stanowią uzupełnienie rozdziałów 6 i 7.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozwiązanie postawionego zadania przeprowadzone zostało prawidłowo a przyjęte metody i założenia nie budzą istotnych zastrzeżeń.

5. Oryginalność rozprawy i samodzielny dorobek autorki

Oryginalnym osiągnięciem autorki jest przeprowadzenie badań, które umożliwiły opracowanie algorytmu diagnostycznego dla procesu spalania pyłu węglowego i jego mieszaniny z biomasą. To osiągnięcie uwzględnia dane pomiarowe pozyskane z optoelektronicznego układu monitorującego oraz zostało potwierdzone praktyczną weryfikacją.

6. Poprawność przedstawienia uzyskanych wyników (zwięzłość, jasność, umiejętność przekonywania, poprawność redakcyjna) i inne uwagi dyskusyjne

Oceniając rozprawy mogę stwierdzić, że część treści w rozdziale 4. mogła zostać pominięta bez straty jakości pracy. Mimo tej uwagi muszę podkreślić, że praca napisana jest starannie, a występujące nieliczne błędy nie zmieniają tej opinii.

Uwagi dyskusyjne:

1. Proszę określić parametry które powinny być stabilizowane w procesie spalania pyłu węglowego oraz jego mieszaniny z nią masą.
2. Proszę porównać metody pierwotne i wtórne redukcji emisji zanieczyszczeń.
3. Proszę o wyjaśnienie czy autorka przeprowadziła dokładną analizę czynników, które wpływają na stabilność płomienia.
4. W jaki sposób zastosowanie metod analizy sygnałów pomiarowych w dziedzinie czasu i częstotliwości wpływa na rozpoznawanie stanów płomienia?
5. Do rozpoznawania stanów płomienia zostały użyte rekurencyjne i rozmyte sieci neuronowe. Proszę o uzasadnienie tego wyboru.

7. Przydatność rozprawy dla techniki, przemysłu itp.

Rozprawa doktorska magister inżynier Żaklin Grądz stanowi ważny krok mający na celu zastosowanie algorytmów diagnostycznych prowadzących do efektywniejszego i bezpiecznego spalania pyłu węglowego oraz współspalania jego mieszanin z biomasą w warunkach przemysłowych.

8. Podsumowanie

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa mgr inż. Żaklin Grądz p.t. ***“Wykorzystanie miękkich metod hybrydowych do diagnostyki procesu spalania”*** spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.