

Warszawa, dn. 29.08.2023 r.

Stanisław Siatkowski
Autor pracy

Streszczenie rozprawy doktorskiej (język polski) nt.:

„Predicting the Detonation Cell Size of Biogas – Oxygen Mixtures”

Wielkość komórki detonacji jest jednym z podstawowych parametrów opisujących proces detonacji. Jest on bardzo ważny zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia. W zastosowaniach teoretycznych, ponieważ koreluje z innymi skalami długości, natomiast w praktycznych, ponieważ jest wykorzystywany w analizach bezpieczeństwa i procesie projektowania silników detonacyjnych. Z tego powodu, temat ten jest intensywnie badany od prawie 100 lat. Jednocześnie, ze względu na rosnącą świadomość zmian klimatycznych, ludzkość poszukuje nowych, alternatywnych źródeł energii. Jednym z rozwiązań jest biogaz, ponieważ charakteryzuje się on bardzo niskim bilansem emisji netto uwalnianych do atmosfery podczas spalania. Biogaz ma jednak swoje wady, z których największą jest niska wartość opałowa. Problem ten można jednak przezwyciężyć stosując spalanie detonacyjne.

Prezentowana praca koncentruje się na stworzeniu modelu uczenia maszynowego, pozwalającego przewidywać rozmiar komórki detonacyjnej biogaz-tlen z zadowalającą dokładnością. W tym celu, w pierwszej kolejności przeprowadzono szeroko zakrojoną kampanię eksperymentalną, podczas której zebrano ponad 35 000 pomiarów wielkości komórek. Podczas eksperymentów zmieniano trzy parametry: ciśnienie początkowe mieszaniny p_0 , współczynnik ekwiwalencji ϕ i skład biogazu wyrażony jako procent metanu. Łącznie przetestowano ponad 200 unikalnych kombinacji tych parametrów. W pracy przedstawiono zależności między wielkością komórek a każdym z trzech parametrów: p_0 , ϕ i $\%CH_4$, które były następujące: logarytmiczne, kwadratowe i liniowe. Dodatkowo zbadano i przedstawiono zależność między długością strefy indukcji ZND i parametrem stabilności χ a tymi parametrami. Część eksperymentalną zakończono przedstawiając dokładną analizę rozkładu wielkości komórek detonacyjnych.

W drugiej części pracy dane zebrane z eksperymentów zostały wykorzystane do trenowania i testowania trzech różnych typów modeli uczenia maszynowego. Testowane modele były następujące: regresja liniowa, regresja wektorów nośnych i sieć neuronowa. Dodatkowo, modele były trenowane i testowane przy użyciu dwóch typów danych: surowych danych oraz danych zagregowanych. Agregacja danych polegała na obliczeniu średniej wielkości komórki detonacji dla każdej unikalnej kombinacji p_0 , ϕ i $\%CH_4$ przed treningiem modelu. Parametrami używanymi do trenowania modelu były te same trzy, które były zmieniane w eksperymentach. Wyboru tego dokonano w celu uniknięcia uzależnienia modelu od dodatkowych założeń. Te mogłyby zostać wprowadzone w wyniku użycia innych parametrów pochodzących na przykład z wybranego mechanizmu kinetyki reakcji czego chciano uniknąć. Finalnie, okazało się, że wszystkie trzy typy modeli dały bardzo podobne wyniki bez znaczących różnic. Wszystkie z były bardzo dobre o wysokiej dokładności i niskim błędzie. Spośród trzech typów modeli, SVR dał najlepsze wyniki, ale jak wspomniano, różnice te nie były duże.

Podsumowując, w toku pracy udowodniono, że możliwe jest stworzenie modelu uczenia maszynowego zdolnego do przewidywania wielkości komórki detonacyjnej mieszanin biogazowo-tlenowych z zadowalającą dokładnością. Stanowi to kolejny krok w kierunku utworzenia ogólnego modelu przewidywania wielkości komórki detonacji będącego w stanie przewidzieć ją dla szerokiego zakresu różnego rodzaju paliw, utleniaczy i gazów rozcieńczających. Taki model, gdy już powstanie

będzie stanowił ogromną pomoc dla społeczeństwa naukowców zajmujących się zagadnieniem spalania detonacyjnego.

Słowa kluczowe: detonacja, komórka detonacji, uczenie maszynowe, biogaz

S. Giatkowski

Podpis Doktoranta