



**Politechnika
Śląska**

Comparative analysis and implementation of selected new alternating current electric arc models

Doctoral Dissertation
by

Maciej Klimas

Supervisor: dr hab. inż. Dariusz Grabowski, prof PŚ

Co-Supervisor: dr inż. Dawid Buła

Faculty of Electrical Engineering
Silesian University of Technology
Gliwice, Poland
2023

Analiza porównawcza i implementacja wybranych nowych modeli zmiennoprądowego łuku elektrycznego

Autor: mgr inż. Maciej Klimas

Promotor: dr hab. inż. Dariusz Grabowski, prof. PŚ

Promotor pomocniczy: dr inż. Dawid Buła

STRESZCZENIE

Elektryczny piec łukowy stanowi jeden z największych odbiorników energii elektrycznej spotykanych w systemach elektroenergetycznych. Jego losowa i nieliniowa charakterystyka może powodować wiele problemów w zakresie jakości energii elektrycznej. Łagodzenie skutków tych problemów wiąże się z koniecznością stosowania systemów poprawy jakości energii oraz odpowiedniego zaprojektowania samego układu zasilania. To z kolei wymaga znajomości zachowania pieca łukowego oraz jego wpływu na sieć. Dokładny model pieca jest w stanie zapewnić te informacje.

Rozprawa doktorska skupia się na stworzeniu nowych, dokładniejszych modeli łuku elektrycznego występującego w elektrycznych piecach łukowych. Praca obejmuje modelowanie etapu roztopienia wsadu, który cechuje się najgorszym wpływem na sieć elektryczną pod kątem jakości energii. Zaproponowane modele zostały opracowane na podstawie danych pochodzących z trzech pieców łukowych różnej wielkości: dużego i małego przemysłowego pieca oraz laboratoryjnego pieca zaprojektowanego specjalnie do tego celu. Analizy przeprowadzone na bazie zgromadzonych danych potwierdziły, że zaproponowane podejścia mogą być skutecznie wykorzystane do modelowania instalacji o różnej mocy znamionowej.

Zasadnicza część pracy jest poświęcona opracowaniu modeli przy wykorzystaniu czterech różnych podejść teoretycznych. Jednym z głównych celów pracy było stworzenie modeli zdolnych do odzwierciedlenia deterministycznego i stochastycznego zachowania pieca. W tym celu zaproponowano zastosowanie następujących metod: modelu opartego o losowe równania różniczkowe, modelu chaotycznego, modeli korzystających z płytkich oraz głębokich sztucznych sieci neuronowych oraz nowego modelu ułamkowego rzędu. Zarówno jakościowa, jak i ilościowa ocena modeli przedstawiona w pracy wykazała, że wszystkie zaproponowane koncepcje mogą być skutecznie stosowane do modelowania elektrycznych pieców łukowych, istotnie zmniejszając błąd między przebiegami symulowanymi a pomiarowymi.

Kolejnym celem pracy była analiza porównawcza opracowanych modeli służąca wybraniu najodpowiedniejszego do implementacji w szeroko stosowanym środowisku symulacyjnym EMTP-ATP. Wyciągnięte wnioski świadczą, iż modele różniły się dokładnością odwzorowania stochastycznych cech obiektu, wymaganą mocą obliczeniową oraz czasem obliczeń. Na podstawie tych kryteriów wybrano model oparty na losowym równaniu różniczkowym. Zaimplementowano go z wykorzystaniem dostępnych w programie komponentów i dedykowanego języka programowania. Wyniki symulacji świadczą, iż zaproponowane rozwiązanie jest zdolne do odzwierciedlenia zarówno pojedynczego łuku elektrycznego, jak i trójfazowego pieca łukowego.

Analiza zawarta w pracy doktorskiej przedstawia współczesne metody modelowania stochastycznych zjawisk towarzyszących łukowi elektrycznemu. Ponadto, wskazuje potencjalne ścieżki do dalszych badań, których przyczynkiem są ograniczenia obecnych rozwiązań oraz zastosowane założenia upraszczające.