

Rozprawa doktorska  
Mgr inż. Gregorio Ferreira  
„Multicriteria Diagnosis of Synchronous Machines”  
„Wielokryterialna diagnostyka maszyny synchronicznej”  
WIEiK PK  
styczeń 2018 r

Streszczenie

Praca doktorska składa się z 6 rozdziałów. **Rozdział 1** przedstawia obszerny przegląd literatury na temat diagnostyki uszkodzeń w maszynach elektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem publikacji dotyczących diagnostyki wielokryterialnej. Rozdział ten można uznać za wstępne sformułowanie celów i hipotez.

**Rozdział 2** przedstawia wszystkie składniki stanowiska badawczego znajdującego się w Laboratorium Maszyn Elektrycznych na Wydziale Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej, które zostało wykorzystane do przeprowadzenia wielu bezinwazyjnych testów. W szczególności zawiera opisy najważniejszych elementów z wyszczególnieniem wprowadzonych modyfikacji zapewniających rejestrację 37 sygnałów z przetworników różnego typu.

**Rozdział 3** prezentuje wstępne obliczenia modelowe. Model polowo-obwodowy maszyny synchronicznej rozwiązywany MES opracowano za pomocą oprogramowania Magnet 2D firmy Infolytica. Opisano parametry uzwojenia, zwracając szczególną uwagę na wpływ uproszczeń modelu na interakcję między prądem w uzwojeniach a strumieniem w szczelinie powietrznej.

**Rozdział 4** zawiera opis metody opartej na cyfrowym przetwarzaniu sygnałów oraz wprowadza różne kategorie uszkodzeń dla potrzeb późniejszej klasyfikacji. Przedstawiono wszystkie 37 zmiennych odpowiadających danym z czujników oraz metodologię przedstawiania wszystkich wzorców sygnałów rzeczywistych. Sygnały te otrzymane w procesie cyfrowego przetwarzania danych mają być poddane dalszej analizie za pomocą narzędzi statystycznych i przy użyciu technik uczenia maszynowego. W wyniku otrzymano macierz zawierającą 6632 wyodrębnionych cech występujących w pięciu zestawach danych.

**Rozdział 5** stanowi zasadniczą część pracy. Opisuje techniki wyodrębniania cech odpowiednich dla procesu klasyfikacji błędów, a także podaje w jaki sposób, dzięki normalizacji, można było uniknąć skutków silnego skorelowania danych oraz dużego wymiaru zbioru danych. Ponadto wyjaśniono szczegółowo wskaźniki klasyfikacji, metodę usuwania skorelowanych danych z początkowego zbioru cech oraz zastosowanie analizy metodą rzadkiej liniowej dyskryminacji. (sLDA).

Na koniec w **Rozdziale 6** przedstawiono różne sposoby poprawienia stosowanej metodologii oraz ponownego zmniejszenia liczby rozpatrywanych cech. W efekcie uzyskano zmniejszenie liczby cech do 107 w stosunku do poprzednich 688 cech wymienionych w rozdziale 5. Opisane zostało 3-etapowe postępowanie: w pierwszy etap następuje wyodrębnienie optymalnego zbioru danych z dostępnych zestawów danych pomiarowych za pomocą algorytmu sLDA (podrozdział 6.2.1). W drugim etapie wszystkie wybrane cechy są połączone w jeden zbiór cech (podrozdział 6.2.2). Ostatni etap obejmuje modelowanie i porównanie uzyskanych wyników. Całkowita liczba klasyfikatorów użytych w trzecim etapie jest równa 10. Końcowy zbiór danych wykorzystywany do uczenia modeli obejmuje 21.600 obserwacji i 107 cech.

**Wnioski/uwagi:** Niniejsza praca doktorska wykorzystuje techniki przetwarzania sygnałów jako wstępny etap do wygenerowania (lub określenia wzorców sygnałów) i utworzenia macierzy wiedzy, używanej do szkolenia i weryfikacji algorytmów klasyfikacji. Pierwotnym celem było wykorzystanie wszystkich możliwych kombinacji funkcji i wyrażeń matematycznych, które zgodnie z moją wiedzą i doświadczeniem były uzasadnione. Pogrupowanie danych w 5 podzbiorów ułatwiło utworzenie 6632 cech. Obejmowały 22 okresy sygnałów o częstotliwości podstawowej 50 Hz jako okna czasowe dla pojedynczych obserwacji. Przy poprawnie zdefiniowanej macierzy wiedzy, możliwe było uzyskanie najbardziej istotnych cech sygnałów w celu identyfikacji zadanych niesymetrii w uzwojeniach stojana, a następnie wyszkolenie różnych algorytmów klasyfikacji w identyfikacji uszkodzeń. Wszystkie przedstawione w pracy testy i obliczenia wymagają zastosowania skomplikowanych algorytmów oraz zaawansowanej wiedzy z zakresu elektrotechniki i informatyki. Przeprowadzone badania można wykorzystać jako punkt startowy do zautomatyzowania diagnostyki uszkodzeń za pomocą głębokich sieci neuronowych. Oryginalne dane są wykorzystywane bezpośrednio do szkolenia modelu zdolnego do identyfikowania anomalii podczas normalnej pracy maszyny.