

Wrocław, dnia 09.06.2021

Maciej Skowron

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

NA TEMAT: „Diagnostyka uszkodzeń silników indukcyjnych i synchronicznych z magnesami trwałymi przy wykorzystaniu sieci neuronowych z głębokim uczeniem”

Rozprawę doktorską pt.: „*Diagnostyka uszkodzeń silników indukcyjnych i synchronicznych z magnesami trwałymi przy wykorzystaniu sieci neuronowych z głębokim uczeniem*” stanowi 9 numerowanych rozdziałów o łącznej długości 169 stron. Podstawowym celem rozprawy jest analiza i ocena możliwości zastosowania sieci neuronowych z głębokim uczeniem do wczesnego wykrywania podstawowych uszkodzeń w silnikach indukcyjnych i synchronicznych z magnesami trwałymi.

W pierwszym rozdziale pracy przedstawiony został stan zagadnienia dotyczący diagnostyki uszkodzeń maszyn elektrycznych. Na podstawie przeglądu literatury zawierającego 255 pozycji, określono następującą tezę rozprawy doktorskiej: **Zastosowanie konwolucyjnej sieci neuronowej umożliwia detekcję uszkodzeń stojana i wirnika silników indukcyjnych oraz synchronicznych z magnesami trwałymi na bardzo wczesnym etapie przy wykorzystaniu bezpośredniej analizy sygnałów.**

W rozdziale drugim zawarto szczegółowy opis uszkodzeń silników elektrycznych prądu przemiennego. Szczególną uwagę zwrócono na problem zwarć zwojowych oraz uszkodzeń wirnika silników indukcyjnych (SI) oraz synchronicznych z magnesami trwałymi (PMSM). Metody modelowania matematycznego analizowanych uszkodzeń silników elektrycznych zostały zaprezentowane w rozdziale trzecim. Ukazane zostały zarówno modele matematyczne, jak i wyniki weryfikacji eksperymentalnej dla opracowanych modeli silników z uszkodzeniami uzwojeń stojana oraz wirnika rozpatrywanych maszyn.

Zastosowanie podstawowych metod analizy w diagnostyce uszkodzeń zostało przedstawione w rozdziale czwartym. Opisane wyniki badań obejmują w szczególności zastosowanie szybkiej transformacji Fouriera oraz analizy składowych symetrycznych. Ekstrakcja symptomów uszkodzeń na podstawie analizy sygnałów diagnostycznych miała na celu opracowanie wektorów wejściowych płytkich struktur neuronowych zaprezentowanych w rozdziale 6.

Wobec podstawowego celu prac badawczych związanego z zastosowaniem neuronowych detektorów uszkodzeń rozdział 5 zawiera charakterystykę podstawowych struktur płytkich oraz głębokich sieci neuronowych. W rozdziale piątym zamieszczono szczegółowy opis działania, a także metod treningu struktur neuronowych, których implementacje przedstawiono w rozdziałach 6 oraz 7.

W rozdziale szóstym przedstawiono zastosowanie klasycznych sieci neuronowych w diagnostyce uszkodzeń silników indukcyjnych oraz PMSM. Opisana została idea działania oraz weryfikacja eksperymentalna detektorów uszkodzeń wykorzystujących strukturę perceptronu wielowarstwowego, samoorganizującej sieci Kohonena, jak również hybrydowych struktur neuronowych. Zwieńczeniem rozdziału jest analiza i ocena przydatności płytkich sieci neuronowych w procesie diagnostycznym. W zawartym w rozdziale 6 podsumowaniu podkreślono zarówno zalety klasycznych struktur neuronowych, jak i ograniczenia wynikające z metod opracowywania ich wektorów wejściowych.

Rozdział siódmy stanowi kluczowy punkt opisanej rozprawy doktorskiej. Przedstawiono w nim możliwość bezpośredniej analizy sygnałów diagnostycznych przez konwolucyjną sieć neuronową. Opracowane systemy diagnostyczne wykorzystujące w swojej strukturze sieć konwolucyjną charakteryzuje nieosiągalna dotychczas precyzja detekcji początkowego stopnia defektów przy bardzo krótkim czasie reakcji na pojawiające się uszkodzenie. Opisane w rozdziale 7 wyniki badań eksperymentalnych jednoznacznie wykazały przewagę bezpośredniej analizy sygnału przez głęboką sieć neuronową nad znanymi dotychczas metodami diagnostycznymi. Dodatkowo, wobec braku formalnych zasad projektowania oraz strojenia głębokich sieci neuronowych, w rozdziale 7 zaprezentowano szczegółowy opis wpływu parametrów struktury oraz procesu treningu na skuteczność systemu diagnostycznego. Przedstawione w rozdziale 7 podstawowe zależności pomiędzy parametrami sieci a precyzją detekcji uszkodzeń, mogą stanowić wskazówkę podczas projektowania systemów diagnostycznych wykorzystujących głębokie sieci konwolucyjne.

W rozdziale ósmym rozprawy doktorskiej przedstawione zostały 3 stanowiska do badań eksperymentalnych, na których zrealizowane zostały pomiary sygnałów diagnostycznych podczas modelowania analizowanych uszkodzeń silników indukcyjnych oraz synchronicznych z magnesami trwałymi. Ponadto, zawarty został opis opracowanej aplikacji do badania stanu technicznego SI oraz PMSM wykorzystujących metody diagnostyczne opisane w rozprawie.

Ostatni rozdział pracy przedstawia zrealizowane prace badawcze wchodzące w zakres rozprawy doktorskiej. Na końcu poszczególnych rozdziałów zostały przedstawione wnioski cząstkowe dotyczące omawianych zagadnień, natomiast w rozdziale 9 sformułowano wnioski o charakterze ogólnym.


.....
podpis doktoranta