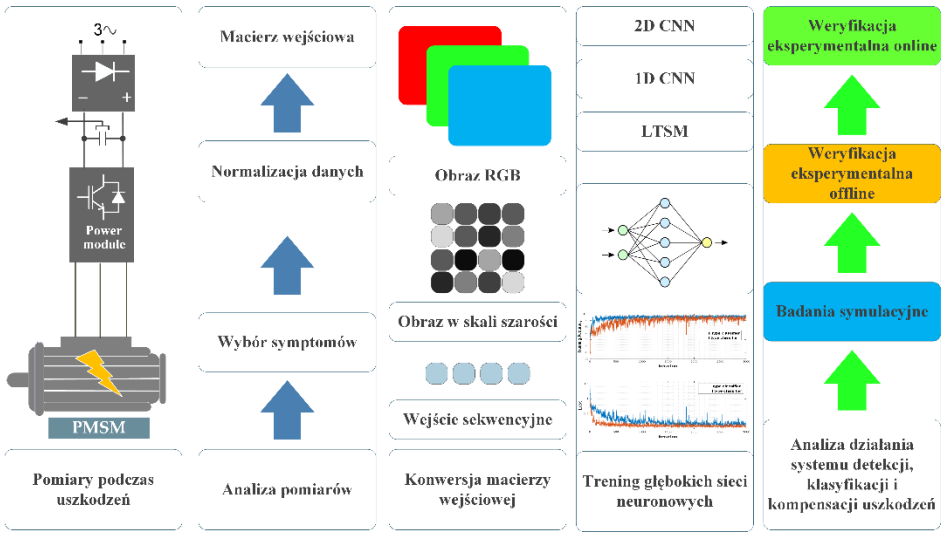
STRESZCZENIE POPULARNONAUKOWE

Zastosowanie metod głębokiego uczenia do detekcji, klasyfikacji i kompensacji uszkodzeń czujników pomiarowych w układzie sterowania silnikiem synchronicznym z magnesami trwałymi

Silniki elektryczne to jeden z najważniejszych elementów współczesnego przemysłu, z których najpopularniejszym staje się silnik synchroniczny z magnesami trwałymi (PMSM). Wynika to z jego licznych zalet, takich jak wysoki stosunek mocy do masy, wysoka energooszczędność i duża odporność na przeciążenia. Silniki tego typu stosuje się w układach sterowania wymagających najwyższej dokładności. Aby jednak zapewnić tak wysoką jakość pracy, PMSM wymagają zastosowania odpowiednich struktur sterowania wektorowego ze sprzężeniem zwrotnym – **czujnikami pomiarowymi**. W układach z PMSM powszechnie stosuje się czujnik prędkości, co najmniej dwa czujniki prądu i czujnik napięcia. Błędny pomiar może nie tylko grozić dalszą awarią maszyny, ale także stanowić bezpośrednie zagrożenie dla ludzi. PMSM są popularne w przemyśle takim jak jak **elektromobilność, technologie kosmiczne i lotnictwo**. Stosowane są tam tak zwane systemy sterowania odpornego (FTC). Zadaniem takich systemów jest jak najszybsze wykrycie uszkodzeń, zlokalizowanie ich, a następnie kompensacja. Czujniki pomiarowe są elementami narażonymi na wiele awarii. Najbardziej niebezpieczną z nich jest całkowita lub okresowa utrata sygnału pomiarowego. Pracę układu napędowego może zakłócić także pojawienie się szumów lub zmienne wzmocnienie. Dodatkowo działanie wielu systemów diagnostycznych samego silnika elektrycznego bazuje na czujnikach pomiarowych. W literaturze jednak słabo opisane jest wykrywanie uszkodzeń czujników pomiarowych, szczególnie w przypadku układu napędowego z PMSM. Rozwiązania prezentowane w literaturze często opierają się wyłącznie na wynikach symulacyjnych. Poza tym wyniki prezentowane są w małym zakresie prędkości lub obciążenia silnika. Rozwiązania dostępne w literaturze nie mają charakteru praktycznego i brakuje im uniwersalności.



Rys. 1. Ogólny schemat przedstawiający założenia realizacji projektu.

Projekt polega na opracowaniu nowych algorytmów detekcji, klasyfikacji i kompensacji uszkodzeń czujników pomiarowych w oparciu o metody uczenia głębokiego. Projekt zakłada detekcję uszkodzeń czujników prądu i prędkości. Początkowa faza projektu będzie dotyczyła analizy wpływu uszkodzeń czujników pomiarowych, co pozwoli na dobór symptomów uszkodzenia. W kolejnym etapie proces uczenia głębokich sieci neuronowych (DNN) będzie prowadzony z wykorzystaniem różnych typów danych wejściowych i różnych struktur neuronowych. Kolejnym etapem będzie opracowanie innowacyjnych systemów estymacji prędkości i prądu w oparciu o DNN. Planowane są badania symulacyjne i eksperymentalne. Badania eksperymentalne będą prowadzone w szerokim zakresie prędkości obrotowych i obciążenia silnika. W celu uzyskania jak największej uniwersalności rozwiązania planowane jest przetestowanie dwóch PMSM o różnej mocy nominalnej.

Zaproponowane rozwiązanie wykorzystuje metody głębokiego uczenia, które nie były dotychczas stosowane w układach z PMSM w obszarze uszkodzeń czujników. Ponadto proponowana FTC będzie opierać się na wyczerpującej analizie wpływu awarii w szerokim zakresie parametrów pracy. Tak przygotowane detektory i klasyfikatory uszkodzeń powinny pozwolić na uzyskanie odpowiednio krótkiego czasu detekcji. Projekt zakłada wykorzystanie metod DNN w celu wyeliminowania wad rozwiązań opisanych dotychczas w literaturze. **W projekcie planowana jest także analiza wykorzystania DNN w estymacji zmiennych stanu, aby finalnie uzyskać innowacyjny i w pełni zautomatyzowany system FTCS oparty wyłącznie na głębokich sieciach neuronowych.**