

Konserwacja zapobiegawcza została uznana za skuteczną strategię redukcji kosztów eksploatacji i utrzymania (O&M) oraz poprawy dostępności i wydajności turbin wiatrowych poprzez monitorowanie stanu (CM) oraz wykrywanie, przewidywanie i diagnozowanie usterek. Monitorowanie turbin wiatrowych przy użyciu danych zebranych przez systemy kontroli nadzorczej i zbierania danych (SCADA) jest postrzegane jako efektywne kosztowo i stosowane na szeroką skalę podejście. Z tego powodu w ostatnich latach przeprowadzono wiele badań wykorzystujących dane z systemu SCADA do opracowania rzetelnych, wydajnych i efektywnych pod względem kosztów systemów monitorowania. Większość rozwiązań bazuje na metodach statystycznych i technikach uczenia maszynowego (ML). Jednakże, te istniejące podejścia napotykają trzy główne wyzwania.

Pierwsze poważne wyzwanie wiąże się z powszechną praktyką metod statystycznych oraz opartych na ML, dotyczącą wykorzystania modeli normalnego zachowania (NBM) opracowanych dla konkretnych komponentów turbiny. Modele NBM opierają się na idei modelowania normalnego zachowania krytycznych komponentów przy użyciu historycznych danych SCADA zebranych podczas eksploatacji turbiny w dobrym stanie. Następnie, wykrywanie usterek opiera się na analizie odchylenia pomiędzy przewidywanymi danymi wyjściowymi modelu a rzeczywistymi wartościami uzyskanymi w wyniku pomiarów. Ponieważ jednak każda turbina wiatrowa posiada wiele krytycznych komponentów, które wymagają monitorowania, podejście oparte na NBM wymagałoby od użytkowników zbudowania i zachowania dużej liczby modeli NBM dla każdej farmy wiatrowej. Ponadto, z wielu nieuniknionych powodów, np. starzenia się turbiny wiatrowej, wymiany podsystemów, aktualizacji oprogramowania czy rekalkulacji czujników, modele NBM powinny zmieniać się w czasie. W związku z tym pojawia się wiele wątpliwości dotyczących kwestii aktualizowania modeli NBM, np. kiedy lub jak często należy model aktualizować, aby zapewnić jednorodność między modelem a podsystemem turbiny. Problemy te prowadzą do tego, że operatorom farm wiatrowych nie jest łatwo stosować to podejście monitorowania.

Drugie poważne wyzwanie wiąże się z tym, że wiele statystycznych podejść do monitorowania stanu turbin wiatrowych zostało opracowanych na podstawie modeli parametrycznych. Ponadto twierdzi się, że modele głębokiego uczenia mogą być ogólnie postrzegane jako metody parametryczne. Podczas stosowania parametrycznych modeli statystycznych często zakłada się, że analizowane dane SCADA mają rozkład normalny. Jeśli jednak dane nie mają rozkładu normalnego i nie są przekształcane w celu przybliżenia ich do rozkładu normalnego, zastosowanie podejść parametrycznych do budowy modeli NBM może nie być właściwe i może osłabiać proces wykrywania błędów.

Trzecie poważne wyzwanie wiąże się z algorytmami wykrywania usterek opartymi na metodzie ML, które opierają się na modelach NBM turbiny nauczonych na danych SCADA z turbin wiatrowych w dobrym stanie. Nauczenie tych modeli wymaga dużej ilości danych z normalnej eksploatacji, zebranych w długim okresie czasu, obejmujących reprezentatywny zakres warunków eksploatacyjnych. Z pewnością, gdy dane są skąpe lub gdy nie są już dłużej reprezentatywne dla bieżącego zachowania turbiny, wykrywanie usterek w oparciu o modele NBM jest zwykle niewykonalne, ponieważ modele NBM nie mogą być odpowiednio nauczone. Dotyczy to nowo zainstalowanych turbin wiatrowych w początkowej fazie ich eksploatacji, kiedy ilość danych zgromadzonych przez te turbiny wiatrowe jest niewielka, co nie może dostarczyć wystarczających informacji do nauczenia modeli NBM. Ponadto, niezależnie od wieku turbiny, istotne zmiany warunków eksploatacyjnych, np. po dokonaniu aktualizacji oprogramowania lub wymianie sprzętu, mogą spowodować brak danych SCADA reprezentatywnych dla nowego zachowania eksploatacyjnego.

Celem niniejszego projektu badawczego jest zatem sprostanie tym wyzwaniom poprzez:

- badanie rozwiązań opartych na danych w celu oceny stanu turbin wiatrowych bez użycia modeli NBM;
- badanie nieparametrycznych podejść statystycznych do monitorowania stanu turbin wiatrowych i automatycznego wykrywania usterek;
- zbadanie możliwości zastosowania technik przenoszenia uczenia przez przeniesienie (lub ponowne wykorzystanie) modeli NBM, które są nauczone dla turbiny wiatrowej (tj. turbiny źródłowej) z wystarczającą ilością danych do uczenia, do innych turbin wiatrowych (tj. turbin docelowych), dla których istnieją skąpe lub ograniczone dane eksploatacyjne.

W szczególności, projekt ten ma na celu opracowanie nieklasycznego zintegrowanego szkieletu, składającej się z trzech nowych rozwiązań monitorowania stanu, które mogą skutecznie monitorować stan eksploatacji turbin wiatrowych i w wiarygodny sposób wykrywać ich usterek na wczesnym etapie. Rozwój tych rozwiązań jest określany jako zadania badawcze:

1. Ocena stanu turbin wiatrowych bez zastosowania modeli NBM.
2. Nieparametryczne metody statystyczne do monitorowania stanu turbin wiatrowych i wykrywania usterek.
3. Metody przenoszenia uczenia dla monitorowania turbiny wiatrowej i wykrywania usterek z wykorzystaniem głębokiego uczenia.

Wynikami tego projektu badawczego będzie szereg procedur i algorytmów do monitorowania stanu i automatycznego wykrywania usterek turbin wiatrowych. Nacisk kładziony jest na identyfikację usterek w skrzyni biegów i generatorze. Do walidacji proponowanych metod zostaną wykorzystane trzy rzeczywiste zbiory danych SCADA. Zbiory danych zostały zarejestrowane z działających turbin wiatrowych i obejmują kilka zdarzeń awaryjnych. Opracowane procedury i algorytmy poprawią wydajność procesów utrzymania opartych na stanie technicznym poprzez poprawę niezawodności i wydajności turbin wiatrowych, tak aby można było w jak największym stopniu utrzymać wydajność i rentowność farmy wiatrowej cały okres jej eksploatacji.