

Piotr Jachymek, Biuro Inżynierii i Zarządzania Technicznego, TAURON Wytwarzanie S.A.

Wykorzystanie analizy Big Data i metod predykcyjnych

w utrzymaniu majątku produkcyjnego - na przykładzie Elektrowni Łagisza

W artykule omówiono zastosowanie strategii predykcyjnego utrzymania ruchu w Elektrowni Łagisza oraz planowany rozwój systemów informatycznych pracujących na dużych zbiorach danych.

Zapewnienie wymaganej dyspozycyjności oraz optymalizacja kosztów utrzymania aktywów stawia przed nowoczesnym zarządzaniem majątkiem nowe wyzwania. Jednym z kluczowych problemów są awarie występujące na układach technologicznych. Potrzeba z jednej strony zmiany podejścia do problemu wykrywania i przewidywania awarii. Z drugiej strony, konieczne jest dopasowanie zakresu działań eksploatacyjnych i remontowych do ich stanu technicznego i zakresu przewidywanej awarii. Istotnym elementem nowoczesnego zarządzania majątkiem jest budowa strategii utrzymaniowych majątku produkcyjnego zorientowanych na spełnienie wymagań wobec aktywów, w tym metod optymalizacji kosztów oraz zarządzania ryzykiem awarii i związanych z nimi nieplanowych postojów (obniżenie dyspozycyjności).

Jedną z najistotniejszych strategii utrzymaniowych jest Predictive Maintenance (PdM). Predykcyjne utrzymanie ruchu w przeciwieństwie do utrzymania prewencyjnego (PM), kiedy działania utrzymaniowe następują w określonych z góry okresach, pozwala na zmianę podejścia operacyjnego w energetyce i przynieść wymierne oszczędno-

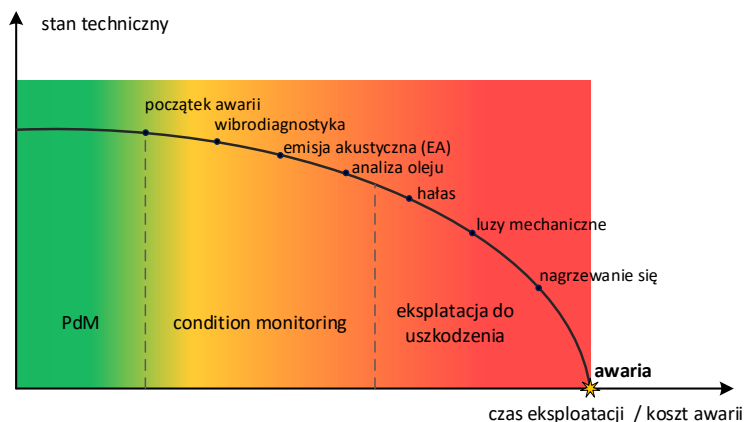
ści. Predykcyjne utrzymanie aktywów polega na wykorzystaniu istniejącego, ogromnego zasobu informacji z czujników procesowych różnych systemów automatyki (Big Data) oraz informacji o zaistniałych zdarzeniach awaryjnych.

PdM przyczynia się do cyfrowej transformacji przedsiębiorstwa. Potrzeba m.in. budowy centralnego repozytorium danych, gromadzącego informacje z wszystkich systemów warstwy OT (przemysłowych, jak i systemów techniczno-ekonomicznych i zarządczych), służących do analizy pozwalającej na efektywne utrzymanie majątku produkcyjnego.

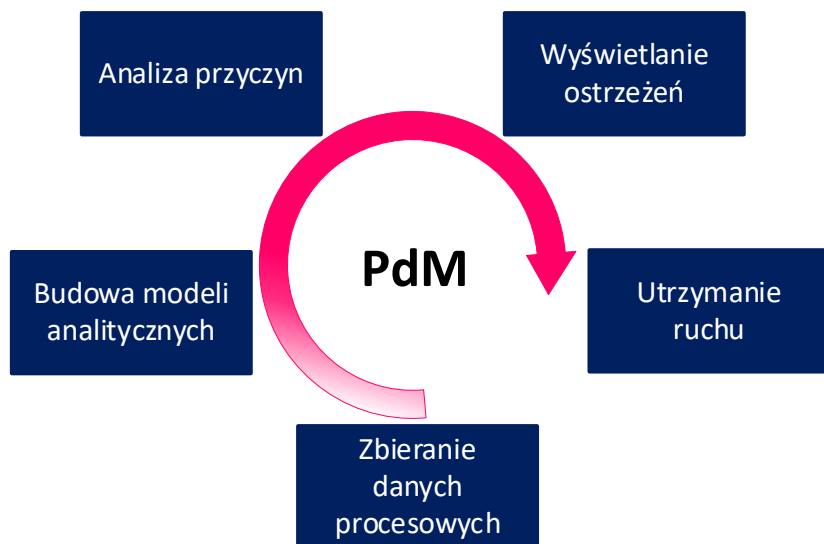
■ Pierwszy projekt oparty o analizę dużego zbioru danych

Rzeczony projekt wykorzystujący duże zbiory danych pomiarowych rozpoczął się w grudniu 2016 r. od przedstawienia koncepcji **inteligentnego zarządzania utrzymaniem technicznym parku maszynowego** przy wykorzystaniu metod analizy danych procesowych pochodzących z blokowych systemów automatyki.

PdM ma szansę działać w momencie, gdy stan techniczny urządzenia nie pogorszył się na skutek wystą-



Rys. 1. Miejsce PdM w działaniach utrzymania majątku produkcyjnego



Rys. 2. Proces wdrożenia i działania mechanizmu PdM

pienia awarii, a koszty przywrócenia do prawidłowego stanu technicznego nie są duże. Wraz z pogarszaniem się stanu technicznego urządzeń koszty naprawy rosną.

Zaproponowano podejście pozwalające na zrealizowanie powyższych założeń i wprowadzenie mechanizmu PdM.

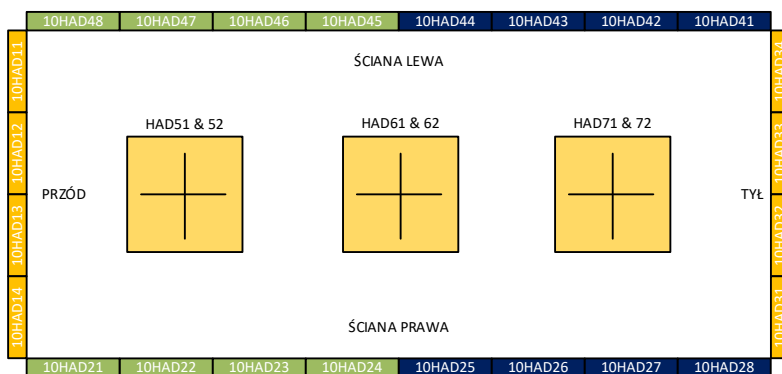
Podstawowym wymaganiem jest posiadanie danych procesowych, charakteryzujących pracę wybranych instalacji w czasie oraz informacje o występujących usterkach. Następnym, zasadniczym etapem wdrożenia jest budowa modeli analitycznych, na podstawie których dokonywana będzie aktualna predykcja stanu technicznego maszyn (wykrywanie anomalii i przewidywanie awarii). Model analityczny uczony jest na podstawie danych historycznych. Gdy zostanie wygenerowany, stanowi pewnego rodzaju „czarną skrzynkę”, przez którą, w kolejnym kroku, przepuszczane są bieżące dane celem uzyskania predykcji aktualnego stanu technicznego maszyn oraz przewidywania ich potencjalnych awarii z zadaniem horyzontem czasowym. Wdrożenie mechanizmu PdM pozwala na analizę przyczyn usterek, co ma bezpośredni wpływ na utrzymanie ruchu.

Proces typowania instalacji do wdrożenia rozwiązanie PdM został oparty o macierz „korzyść - trudność”.

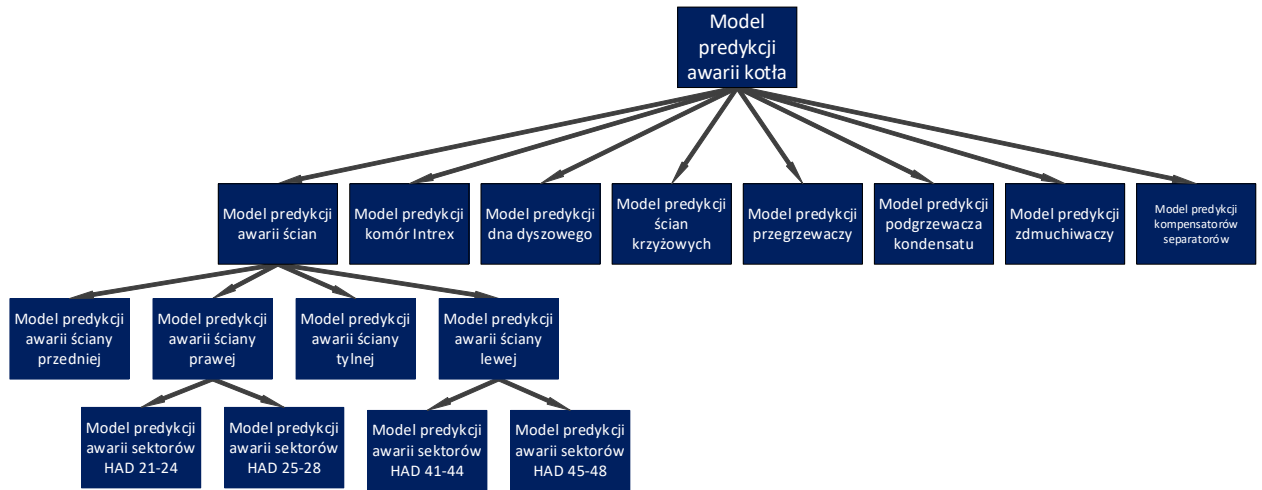
Wytypowano kotłowiec fluidalny, jako instalację najbardziej wymagającą z punktu widzenia założonego celu. Klasyczne wykorzystanie technik PdM sprowadza się do określenia prawdopodobieństwa awarii poszczególnych podzespołów maszyn na podstawie zmiennych parametrów procesowych. Jest to odpowiednie podejście do rozwiązania problemu awaryjności. W przypadku kotła nie jest to zadanie proste ze względu na jego budowę oraz stosunkowo wąskie opomiarowanie (mając na uwadze potencjalną do monitorowania ogromną powierzchnię rur kotła). W związku z tym, klasyczne

		Koszty awarii i utrzymania		
		Niskie	Średnie	Wysokie
Koszty opomiarowania i wdrożenia PdM	Niskie	Warto rozważyć	Warto wdrażać PdM	Warto wdrażać PdM
	Średnie	Brak uzasadnienia	Warto rozważyć	Warto wdrażać PdM
	Wysokie	Brak uzasadnienia	Brak uzasadnienia	Warto rozważyć

Rys. 3. Macierz wyboru



Rys. 4. Podział kotła na sektory obowiązujące w systemie PdM



Rys. 5. Hierarchia modeli predykcyjnych

wykorzystanie technik PdM mogłoby sprowadzać się do wyznaczania potencjalnych obszarów kotła, w których mogłoby dochodzić do awarii.

W związku z brakiem możliwości dokładnego monitorowania poszczególnych rur parownika oraz zjawisk wewnętrznych kotła (brak możliwości monitorowania każdej rury kotła z osobna, brak możliwości dokładnego monitorowania zjawiska fluidyzacji, itp.), postanowiono wykonać całościową analizę. Pozwoliła ona na wskazanie zależności pomiędzy zmiennymi procesowymi (np. dot. fluidyzacji), a możliwością wystąpienia awarii. Celem takiego działania było przewidywanie awarii (podejście klasyczne), ale również wykrywanie sytuacji, które

w konsekwencji prowadzą do awarii. **Traktując proces jako całość, możliwe będzie także wskazanie warunków prowadzących do awarii, a tym samym ułatwienie optymalnego prowadzenia kotła w sposób minimalizujący takie incydenty.**

Prace zostały zrealizowane wspólnie z Reliability Solutions. Zbudowany został system PdM dla kotła CFB w Elektrowni Łagisza w Będzinie.

W systemie diagnostyki predykcyjnej podzielono kocioł na sektory, celem było umożliwienie identyfikacji miejsca prawdopodobnego wystąpienia awarii. Podział ten ma na celu ograniczenie kosztów i czasu badań powierzchni parownika po zatrzymaniu.

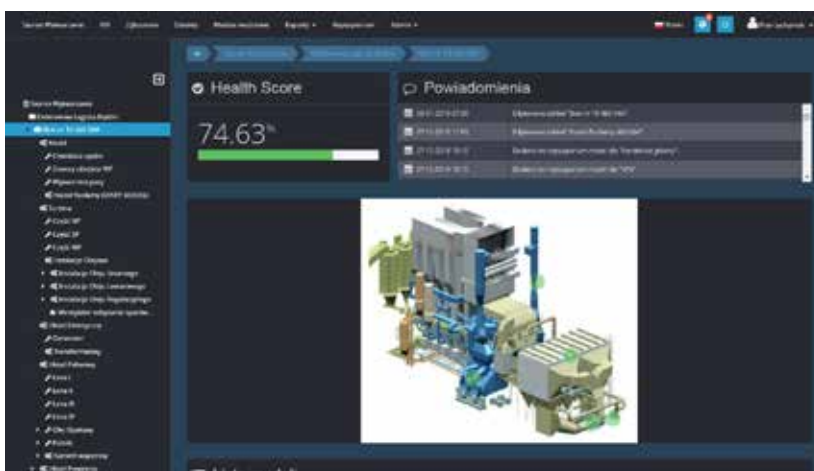
Budowa poprawnie działającego systemu PdM nie jest łatwa, szczególnie dla takiego obiektu jak kocioł.

W trakcie Analizy wystąpiły następujące problemy:

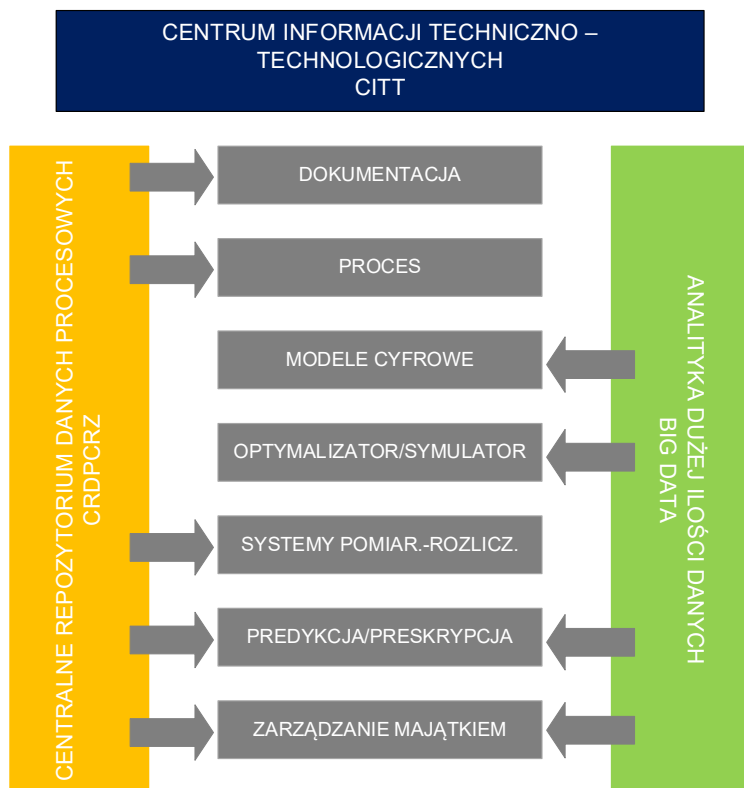
- brakujące obserwacje przed remontem,
- bardzo mała liczba awarii,
- różna liczba odczytów na ścianach.

Zdecydowano o budowie modelu „ogólnego” dla kotła, który będzie dawał możliwość przewidywania awarii kotła bez dokładnego podania miejsca wystąpienia awarii. W przypadku wskazania wysokiego prawdopodobieństwa awarii, zostaną uruchomione sub-modele, które analizując dane temperaturowe posłużą do zawężenia regionów wystąpienia potencjalnej awarii.

Hierarchia w postaci drzewa prezentowana jest na rys. 5. Taka struktura pozwala na wykonanie predykcji tylko w przypadku, gdy element nadrzędny osiągnie odpowiedni poziom prawdopodobieństwa. Jako przykład możemy podać sytuację, gdy „Model predykcji awarii kotła” zwraca prawdopodobieństwo awarii nie przekraczające ustalonego progu alarmowego. Wtedy wszystkie modele podrzędne pozostają uśpione, a wynik predykcji dla nich jest równy 0. W przypadku, gdy model przekroczy ustalony próg alarmowy, modele podrzędne aktywują się i wyliczają prawdopodobieństwo wystąpienia awarii po-



Rys. 5. Ekran systemu PdM



Rys. 7. Planowana struktura CITT

szczególnego typu. Zastosowany układ pozwala na znaczące wyeliminowanie fałszywych alarmów oraz lepszą predykcję awarii, gdyż model uczony jest na mniejszym zbiorze danych, przez co możliwe jest wyłapanie istotniejszych dla problemu zależności.

Po ponad rocznej eksploatacji możemy potwierdzić, że skuteczność pracującego modelu predykcyjnego wynosi prawie 100%, a horyzont czasowy przewidywanej awarii waha się w granicach od 3 do 17 godzin (zależy to od dynamiki urządzenia, którego prognoza dotyczy).

Dalszym działaniem była rozbudowa systemu diagnostyki PdM i poprawa dyspozycyjności, bezpieczeństwa i optymalizacji kosztów remontów **maszyn krytycznych** eksploatowanych na bloku nr 10 w Elektrowni Łagisza w Będzinie.

Projekt zrealizowano z Departamentem Badań, Technologii i Rozwoju TAURON Wytwarzanie oraz pozyska-

no współfinansowanie ze środków funduszu prewencyjnego Powszechnego Zakładu Ubezpieczeń SA.

Zbudowany system RSIMS został dostosowany do wymagań TAURON Wytwarzanie, tj.:

- System w czasie rzeczywistym monitoruje wybrane maszyny i instalacje, wykrywając nadchodzące awarie z wykorzystaniem metod Machine Learning,
- System identyfikuje anomalie pracy monitorowanych maszyn,
- System wysyła notyfikacje dotyczące przewidywanych, bądź wykrytych nieprawidłowości w czasie rzeczywistym do grupy zainteresowanych użytkowników,
- System PdM jest uniwersalny, skalowalny i łatwy do zastosowania dla różnych typów maszyn i urządzeń,
- System PdM nie bazuje wyłącznie na modelach matematycznych, fizycznych, czy chemicznych,
- System wykorzystuje nowoczesne

metody analizy danych, takie jak: metody Drzew Decyzyjnych Lasów losowych (RF), XGBoost oraz Deep Learning,

- System generuje raporty pokazujące wszystkie zarejestrowane ostrzeżenia i komunikaty o błędach oraz pozwala wydajnie zarządzać informacjami generowanymi w systemie, np. przypisywanie akcji do użytkowników, rejestrowanie historii aktywności (funkcjonalność ta będzie odpowiednio przydzielona do grup użytkowników w miarę rozwoju tej listy),
- Dashboard zawiera statystyki i informacje na temat analizowanego urządzenia.

■ Spodziewane efekty projektu

W wyniku realizacji Projektu TAURON Wytwarzanie S.A. otrzymał system diagnostyki predykcyjnej, którego zadaniem jest inteligentne wspomaganie procesu zarządzania eksploatacją maszyn, ukierunkowane na zmniejszenie ilości awarii, podniesienie gotowości oraz bezpieczeństwa technicznego maszyn.

Dzięki zaawansowanym technikom typu Data Mining, a w szczególności uczenia maszynowego, system RSIMS na podstawie próby historycznych danych eksploatacyjnych (tj. danych z sensorów, danych dotyczących zaistniałych awarii i wykonanych napraw, danych opisujących proces produkcyjny/tryby pracy maszyn/środowisko, jak również różnego rodzaju modeli eksploatacyjnych), buduje model predykcyjny. W kolejnym kroku, na podstawie bieżących danych sensorowych przekazywanych do modelu predykcyjnego w trybie real-time, system daje możliwość wykrywania nieprawidłowości w pracy maszyn, ich oceny oraz priorytetyzacji, a nawet wykrywania awarii na wiele godzin przed jej wystąpieniem. Analityka predykcyjna pozwala na wdrożenie efektywnej strategii

utrzymania ruchu, która w odróżnieniu od strategii reaktywnej lub ustalonej o stałe rebusy strategii prewencyjnej, daje możliwość świadomego zarządzania eksploatacją maszyn oraz procesem produkcyjnym.

Referencja Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych mówi o redukcji kosztów utrzymania technicznego: od 25% do 30%, eliminacji awarii: od 70% do 75%, redukcji przestojów: od 35% do 45%, co skutkuje zwiększeniem produkcji: od 20% do 25%.

https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/10/f3/omguide_complete.pdf

■ Rozwój projektów Big Data

Wdrażanie strategii predykcyjnych utrzymania majątku produkcyjnego na podstawie analizy zbioru dużej ilości danych procesowych daje możliwość oceny stanu technicznego maszyn, przewidywania ich awarii, jak również pozwala zidentyfikować ich przyczynę na bazie wniosków z analizy danych. Dzięki takiej wiedzy istnieje możliwość prowadzenia prac prewencyjnych, a w konsekwencji minimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia awarii oraz jej skutków.

Obecnie w TAURON Wytwarzanie trwają prace nad zbudowaniem Centrum Informacji Techniczno-Technologicznej (CITT), które będzie stanowiło

źródło informacji technicznych i ekonomicznych o majątku produkcyjnym, a przede wszystkim formą digitalizacji i budowy systemowej bazy wiedzy dostępnej dla kadry inżynierskiej.

Poszczególne moduły w ramach CITT stworzone zostaną w oparciu o dwa projekty realizowane w TAURON Wytwarzanie SA, a mianowicie Budowę Centralnego Repozytorium Danych Procesowych Czasu Rzeczywistego (CRDPCRZ) oraz rozwój projektów opartych o analizę dużych zbiorów danych (Big Data).

Dla Centralnego Repozytorium Danych Procesowych Czasu Rzeczywistego został uruchomiony dialog techniczny, który ma na celu rozszerzenie wiedzy na temat możliwości wdrożenia stosowanych rozwiązań dotyczących budowy i dedykowanych pod użytkowników funkcji repozytorium. Repozytorium powinno mieć możliwość wykorzystania funkcji Business Intelligence (BI) i udostępniać dane pierwotne i przetworzone z wykorzystaniem otwartych standardów komunikacyjnych.

Drugim elementem centrum będą dane z systemów zbudowanych w trakcie realizacji projektu Big Data, którego głównym celem jest poprawa dyspozycyjności instalacji - budowa i doskonalenie modeli predykcyjnych, poprawa sprawności i efektywności procesu wytwórczego, optymalne zarządza-

nie poszczególnymi ciągami technologicznymi. Projekt skupiać będzie rozwiązania wykorzystujące analizę dużej ilości danych. Będą wdrożone elementy modeli cyfrowych, predykcji i preskrypcji, symulatorów i inteligentnego zarządzania majątkiem. Jednym z elementów projektu będzie preskrypcyjny system wspomagający pracę operatorów, oparty na analizie danych procesowych, danych techniczno-ekonomicznych i danych pochodzących z cyfrowych modeli zredukowanych. System będzie analizował pracę instalacji w zakresie nieosiągalnym dla samego człowieka.

■ Wnioski

Gromadzenie, przetwarzanie oraz analiza dużej ilości danych w ramach tworzonego Centrum Informacji Techniczno-Technologicznej stanowi podstawowe narzędzie pozwalające na sprawne obarczone minimalnym ryzykiem podejmowanie decyzji w zakresie zarządzania majątkiem. Uporządkowanie danych, pełna wiedza w zakresie procesu technologicznego, a także parametrów eksploatacyjnych urządzeń energetycznych, wsparcie operatorów modelami cyfrowymi, digitalizacja informacji jest scalona poprzez zarządzanie majątkiem. □



Rys. 8. Zakres projektu bazującego na przetwarzaniu dużej ilości danych