

■ Jerzy Trzeszczyński, Paweł Gawron, Sławomir Rajca,
Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych Pro Novum Sp. z o.o.



Dyspozycyjność bloków węglowych podczas kontynuowania ich eksploatacji

Bloki węglowe będą towarzyszyć transformacji polskiej energetyki przynajmniej do czasu, gdy stabilizowanie systemu energetycznego przejmą niższe emisyjne sterowalne źródła energii oraz jej wielkoskalowe magazyny. Zanim to nastąpi, przyrost generacji z pogodozależnych źródeł OZE będzie skracał ich czas pracy, zwiększał liczbę i czas nieplanowanych postojów oraz zwiększał liczbę uruchomień. Podczas gdy efekt ekonomiczny ich eksploatacji może być coraz mniejszy, dyspozycyjność pozostanie ich najbardziej pożądaną cechą.

Identyfikacja zagrożeń w nowych reżimach eksploatacji

Nowe reżimy eksploatacji, z którymi elektrownie mają do czynienia od dłuższego czasu stanowią dla majątku produkcyjnego coraz większe wyzwanie. Jak przedstawiono to na rys. 1 maleje intensywność uszkodzeń od pełnienia, natomiast zwiększa się ich liczba od termozmęczenia oraz od czynników fizykochemicznych.

Zmiana trybu pracy bloku wpływa na lokalizację i charakter uszkodzeń. Wymaga to odpowiedniego dostosowania diagnostyki w tym dysponowania aparaturą do wykrywania uszkodzeń w nietypowych i trudnodostępnych miejscach [6]. Ten proces można zobiektywizować, np. postępując się Wskaźnikiem Intensywności Regulacji (WIR).

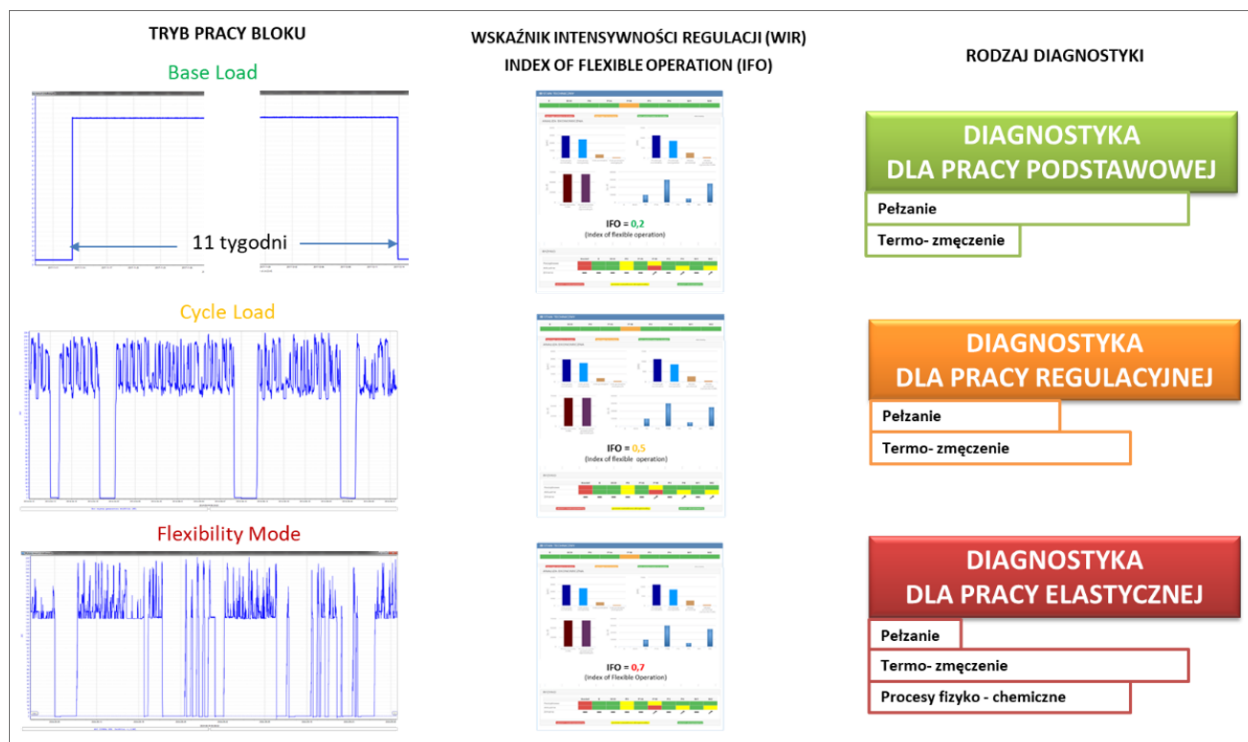
Diagnostykę w ostatniej fazie eksploatacji bloków energetycznych czeka sporo wyzwań, jeśli w tej fazie bloki mają być dyspozycyjne, nawet pozostając w rezerwie operacyjnej, czy strategicznej. Na rys. 2 zilustrowano przykładowo ostatnią fazę pracy bloku klasy 200 MW. Ten blok został wyłączony z eksploatacji (na skutek zakończenia czasu derogacji).

Za spore wyzwanie dla dyspozycyjności bloków węglowych należy uznać rosnącą liczbę uszkodzeń o charakterze fizykochemicznym. W trybie awaryjnym lub/i przypadkowo ujawniane są uszkodzenia korozyjne zlokalizowane w mniej oczywistych miejscach, jeśli uwzględnić dotychczasowe doświadczenia. Przyczyną uszkodzeń i nieprawności są wszelkie odmiany korozji oraz erozja. Szczególną uwagę należy poświęcić korozji naprężeniowej. Uszko-

dzenia o takim charakterze inicjowane są i ulegają rozwojowi także podczas postoju urządzeń, zwłaszcza gdy nie są one odpowiednio zabezpieczone, a także przygotowane od strony reżimów chemicznych do pracy intensywnie regulacyjnej [7]. Nasilenia tego typu uszkodzeń należy się także spodziewać w związku z coraz powszechniejszym współspalaniem biomasy oraz paliw alternatywnych.

Diagnostyka wspierająca dyspozycyjność urządzeń energetycznych

Zapewnienie bezpiecznej pracy urządzenia energetycznego nie wymaga dyskusji, nawet gdy jego tryb pracy odbiega od tego, dla którego zostało zaprojektowane. Trzeba tylko uwzględnić efekt ekonomiczny takiej pracy oraz negatyw-



Rys. 1. Związek pomiędzy trybem pracy bloku, charakterem uszkodzeń oraz rodzajem diagnostyki



Rys. 2. Praca bloku przed wyłączeniem z eksploatacji

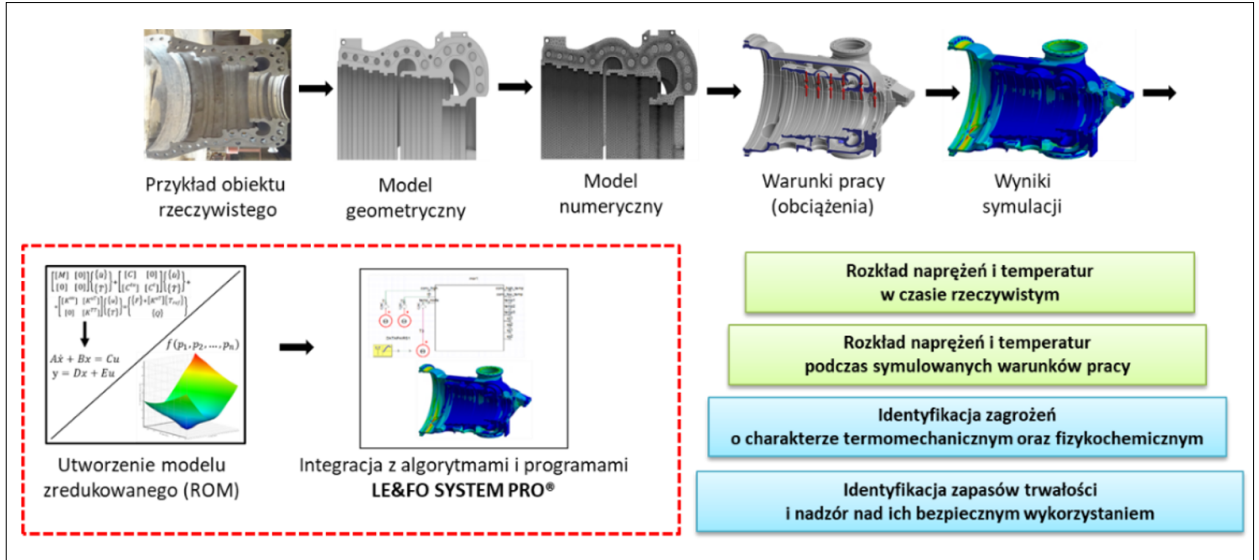
ne skutki dla trwałości, zwłaszcza dla bloków nadkrytycznych o mocy większej od 360 MW.

Niezawodność i dyspozycyjność urządzeń to mniej oczywiste zagadnienia zwłaszcza, gdy konsekwencje

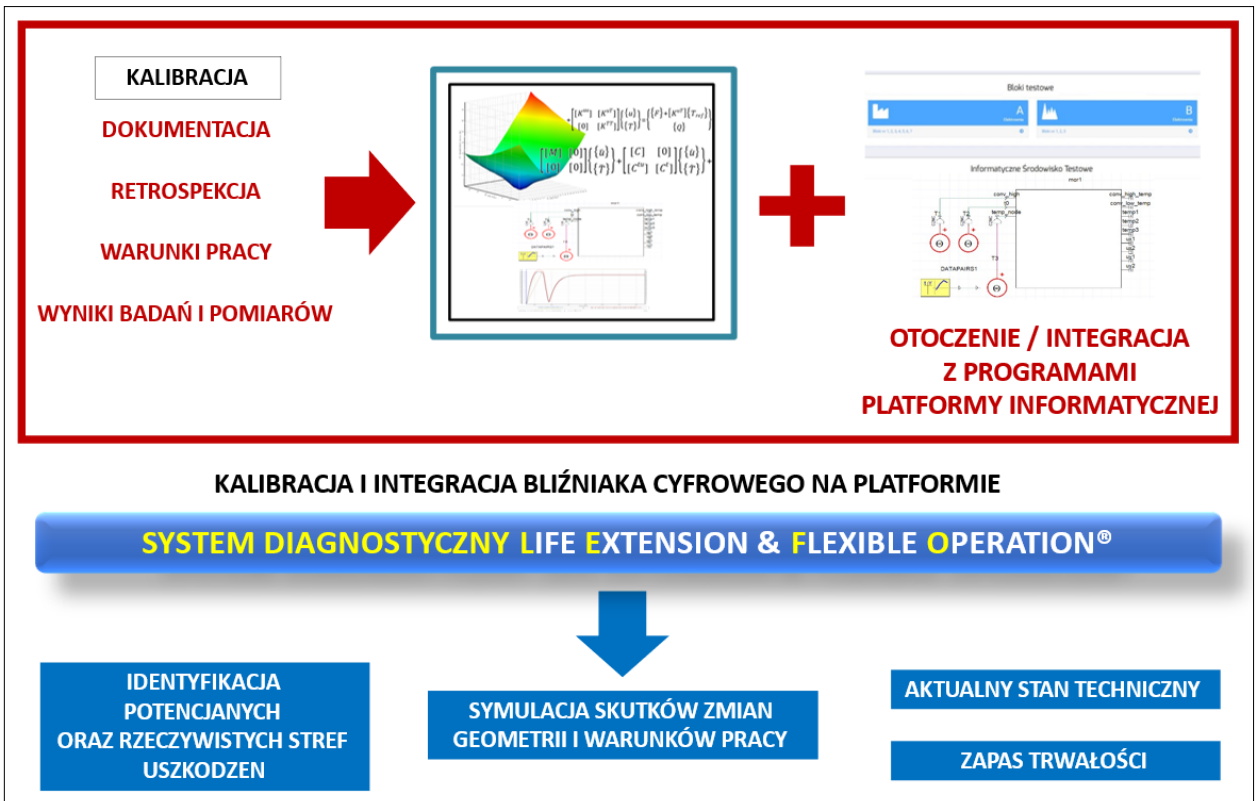
postępu awaryjnego lub ograniczonych możliwości technicznych bloku można odpowiednio interpretować. Rzeczywistym testem dyspozycyjności bloku jest przywołanie go do pracy przez Operatora wg jego wymagań. Niespełnienie ich

może skutkować karami lub rezygnacją z przywołania bloku do pracy. Jedną i drugą sytuacją skutkuje co najmniej konsekwencjami finansowymi.

Diagnostyka sprawowana w trybie nadzoru diagnostycznego jest najlep-



Rys. 3. Przykład procesu towarzyszącego przygotowaniu do bieżącej oceny stanu technicznego i weryfikacji zapasów trwałości w trybie nadzoru diagnostycznego jednego z elementów krytycznych turbiny

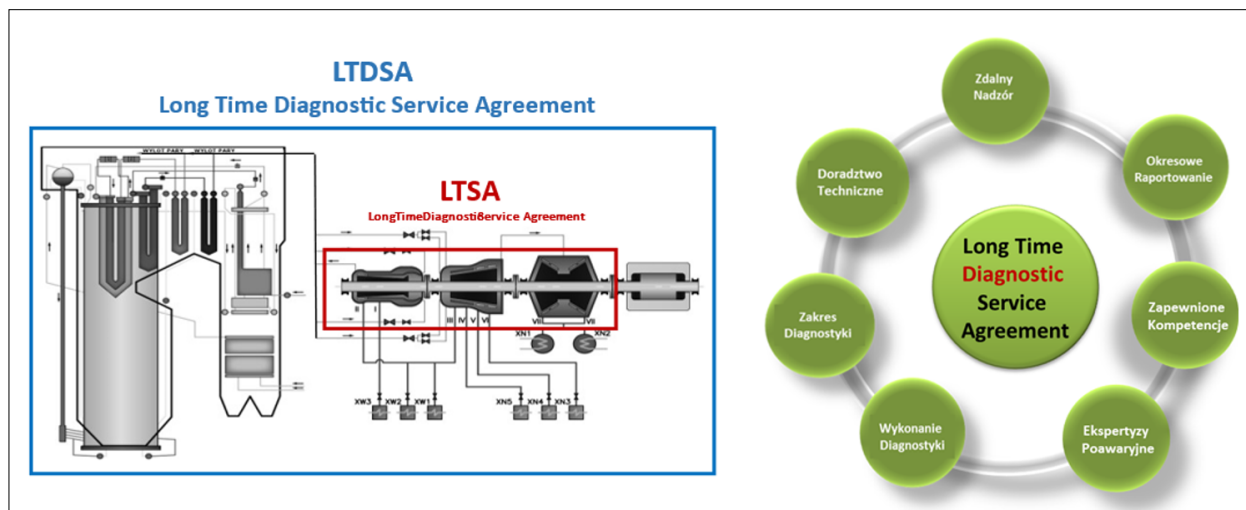


Rys. 4. LE&FO SYSTEM PRO® sprawujący nadzór diagnostyczny zwłaszcza w zakresie dyspozycyjności w okresie do wyłączenia bloku z eksploatacji

szym sposobem na uniknięcie problemów j.w. Na przykładzie nadzoru diagnostycznego nad stanem technicznym

kadłuba turbiny parowej zilustrowano sposób i efekt takiego postępowania (rys. 3).

Integracja modułów dot. wybranych elementów krytycznych bloku energetycznego jak również rurociągów oraz



Rys. 5. LTSA to najczęściej serwis dostawcy turbiny. LTDSA to serwis firmy remontowej i diagnostycznej lub tylko firmy diagnostycznej nad ważnymi komponentami majątku produkcyjnego

elementów/węzłów konstrukcyjnych narażonych na uszkodzenia fizyko-chemiczne z programami realizującymi ich zaawansowaną kalibrację (rys. 4), pozwala na pełny nadzór nad dyspozycyjnością urządzeń - w tym wsparcie dla działań naprawczych i korekcyjnych w celu przywrócenia oczekiwanej dyspozycyjności.

Serwis w formule LTSA/ LTDSA zapewniający dyspozycyjność i wspierający kompetencje

Kluczowymi cechami serwisów LTSA / LTDSA jest (rys. 5):

- Długoterminowy charakter: umowy są zawierane na wiele lat, co zapewnia stabilność kosztów i dostępność firmy remontowej i diagnostycznej.
- Koszty: ustalona z góry cena usługi lub modelu rozliczenia ułatwia przewidywanie wydatków, zarządzanie budżetem i planowanie kosztów na utrzymanie stanu technicznego urządzeń.
- Elastyczność rozliczeń: w umowach często uwzględnia się warunki elastyczne, takie jak zmiany

harmonogramów badań w zależności od faktycznego stanu technicznego urządzeń.

- Nowoczesność: w ramach usług serwisowych dostawcy często zapewniają systemy do zdalnej diagnostyki, które na bieżąco informują Użytkownika o nieprawidłowościach.
- Zarządzanie ryzykiem: można przenosić część ryzyka na dostawcę

zagrożenie dla dyspozycyjności urządzeń niż utrata trwałości na skutek eksploatacji [8, 9].

Podsumowanie

Śledząc dyskusję wokół energetyki można odnieść wrażenie, że największym problemem jest jak najszybsze wyłączenie bloków węglowych z eksploatacji. Jak dotąd, nawet rosnąca lu-

Technologie zastosowane przy budowie polskich elektrowni sprawiają, że główne urządzenia ciepłomechaniczne są względnie łatwo naprawialne przy wykorzystaniu *know how* polskich firm

wcę usług, ponieważ to on jest odpowiedzialny za zapewnienie poprawnego stanu technicznego urządzeń, co minimalizuje ryzyko wystąpienia awarii oraz nieplanowanych postojów.

Tego rodzaju serwis gwarantuje bezpieczeństwo i dyspozycyjność zapewniając zachowanie koniecznych kompetencji firm diagnostycznych, a także remontowych, których utrata lub znaczące ograniczenie może stwarzać większe

ka mocowa w KSE oraz świadomość poniesienia gigantycznych środków finansowych na budowę nowych źródeł, a właściwie nowego systemu elektroenergetycznego i ciepłowniczego - nie skłaniają do głębszych refleksji [1]. Ponieważ pomiędzy energetyką, a geopolityką można postawić znak równości - nie wykluczone, że będzie ona dla energetyki polskiej źródłem dobrej inspiracji, zwłaszcza, gdy ta ostatnia staje się dla naszego kraju coraz mniej korzystna.

Oznacza to, że scenariusz transformacji polskiej energetyki to jeszcze *work in progress*, co należy uwzględnić - zwłaszcza w obszarze utrzymania stanu technicznego majątku produkcyjnego, zachowując jego możliwości i kompetencje personelu. Technologie zastosowane przy budowie polskich elektrowni sprawiają, że główne urządzenia ciepłno-mechaniczne są względnie łatwo naprawialne przy wykorzystaniu *know how* polskich firm. Bloki, zwłaszcza klasy 200 MW, przez swoją liczbę oraz cechy konstrukcyjne nadają się jak żadne inne do stabilizacji KSE. Ich elastyczność można względnie

ok. 20 lat - jego formuła powinna ulec zmianie. Dyspozycyjność poszczególnych bloków, także tych pozostających w operacyjnej, czy strategicznej rezerwie, w warunkach ich coraz bardziej elastycznej pracy, jak również całych elektrowni - jest jedyną szansą na bezpieczne zwiększanie generacji z OZE.

W tym procesie diagnostyka powinna pełnić ważną rolę [3]. Może to nastąpić jednak tylko wtedy, gdy:

- Będzie źródłem wiedzy, a nie kolejnych informacji.
- Zakres i metody diagnostyki powinny wynikać z retrospekcji, której jednym z najważniejszych źródeł

zostających w coraz dłuższych postojach.

- Analizie awaryjności należy nadać (przywrócić) odpowiednio wysoką rangę, powinna zwłaszcza określać pośrednie przyczyny uszkodzeń, tj. wspierać proces identyfikacji zagrożeń wywołanych pracą elastyczną.
- Stosując metody modelowania MES można podnieść dokładność analiz naprężeń, zwłaszcza eksploatowanych w warunkach termozmęczenia. Bez takiego podejścia nie sposób sobie wyobrazić ocenę stanu technicznego elementów krytycznych o złożonej geometrii, np. elementów turbin.
- Elastyczna praca bloków energetycznych wymusza potrzebę bieżącej znajomości stanu technicznego i zapasów trwałości nie tylko elementów krytycznych, także tych, a może zwłaszcza, wpływających na niezawodność. Nadzór diagnostyczny zwłaszcza w zdalnym trybie w największym stopniu realizuje taką potrzebę.

”

Bloki, zwłaszcza klasy 200 MW, przez swoją liczbę oraz cechy konstrukcyjne nadają się jak żadne inne do stabilizacji KSE. Ich elastyczność można względnie nisko kosztowo zwiększyć, a ich bezpieczeństwo, w nowym reżimie pracy, skutecznie nadzorować

nisko kosztowo zwiększyć, a ich bezpieczeństwo, w nowym reżimie pracy, skutecznie nadzorować [4, 5]. Bloki węglowe, nawet najdłużej eksploatowane, są nadal w dobrym lub bardzo dobrym stanie. Żadnego bloku dotąd nie wyłączonego z eksploatacji ze względu na stan techniczny [2]. Żeby tak się nie stało w przyszłości - należy nadać utrzymaniu stanu technicznego majątku produkcyjnego odpowiednią, do sytuacji, rangę. W ostatnim okresie eksploatacji, który może trwać od 3 do 15, może do

stała się analiza historii i warunków pracy.

- Prognoza trwałości poszczególnych elementów, węzłów konstrukcyjnych i urządzeń powinna być formułowana z uwzględnieniem warunków pracy, a nie tylko liczby godzin.
- Skutkiem coraz bardziej regulacyjnej pracy bloków energetycznych jest rosnący udział uszkodzeń o charakterze fizyko-chemicznym. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń po-

Metody diagnostyki i zakresy remontów to nie wszystko. Ważną, a może najważniejszą sprawą - jest ich organizacja i wzajemne powiązanie. Formuła LTDSA wydaje się optymalna. Nie tylko w okresie gwarancyjnym nadzór nad urządzeniem powinni sprawować wykonawcy diagnostyki i remontu. Powinni to robić do wyłączenia bloku z eksploatacji lub do kolejnego remontu, □

Literatura

- [1] Trzecznyński J.: „Projekt BLOKI 2025+”. Jak wykorzystać ostatnią fazę eksploatacji bloków klasy 200MW dla wsparcia bezpiecznej transformacji polskiej energetyki. Podsumowanie - Biuletyn Pro Novum 2/2024. Energetyka 12/2024.
- [2] PN/045.3360/2016: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 100-360 MW. *Pro Novum*. Katowice 2013/2016.
- [3] Trzecznyński J., Trzecznyńska E.: Diagnostic as a source of knowledge and strategy for units of coal flexible fired power plants. VGB PowerTech 9/2020.
- [4] Trzecznyński J.: Poprawa elastyczności bloków klasy 200 MW poprzez wykorzystanie możliwości i rezerwy po stronie sterowania oraz zapasów trwałości. Energetyka 6/2022. Biuletyn Pro Novum 2/2022.
- [5] Trzecznyński J. i inni: Adaptation of coal-fired units for further operation in the transitional period of transformation of the Polish energy sector - *vgbe energy journal* 12/2023.
- [6] Brunne' K.: Nowoczesne techniki w diagnostyce urządzeń energetycznych: PAUT i TOFD w praktyce. Energetyka 2/2025. Biuletyn Pro Novum 1/2025.
- [7] Gawron P.: Przygotowanie i nadzór nad stanem technicznym bloków energetycznych pozostających w rezerwie operacyjnej. Biuletyn Pro Novum 2/2024. Energetyka 12/2024.
- [8] Rajca S., Pośpiech S.: Długoterminowy serwis turbin parowych zapewniający ich bezpieczeństwo i dyspozycyjność. IX Konferencja Techniczna Utrzymanie Ruchu - diagnostyka, remonty, modernizacje. Kazimierz Dolny. 2023.
- [9] Trzecznyński J., Stanek R.: Diagnostyka w trybie LTSA zapewniająca dyspozycyjność bloków węglowych podczas kontynuowania ich eksploatacji. Biuletyn Pro Novum 1/2025. Energetyka 02/2025.