

Diagnostyka dziś i jutro

Diagnostics today and tomorrow

Diagnostyka przeszła podobną ewolucję jak polska energetyka. Czekają ją także podobna transformacja jak całego sektora elektroenergetycznego. Za sprawą rozwoju OZE i większego importu energii oraz technologii wytwarzania, będzie jej mniej. Za sprawą innego niż dotąd trybu pracy elektrowni będzie wymagała adekwatnych sposobów pozyskiwania i przetwarzania informacji. Będzie w znacznym stopniu zdalna. Będzie wymagała prostszych badań i pomiarów i bardziej zaawansowanych niż dotąd metod zdobywania wiedzy i doświadczenia. Te z kolei będą w mniejszym niż dotąd stopniu w domenie użytkownika, w większym natomiast po stronie dostawcy urządzeń i wyspecjalizowanych firm eksperckich. Na taki rozwój diagnostyki przygotowujemy się od wielu lat.

Słowa kluczowe: sektor elektroenergetyczny, transformacja, rozwój zdalnej diagnostyki

Diagnostics has undergone a similar evolution as the Polish power sector. It will also face a similar transformation as the entire sector. Due to the development of RES, bigger energy import and production technologies there will be less of it. Due to different mode of operation of power plants then before it will need adequate methods of obtaining and processing information. Diagnostics will be remote in a significant part. It will require simpler tests and measurements and more advanced methods of acquiring knowledge and experience than before. These, in turns, will be less than before in the domain of the user and more on the side of the device supplier and specialized expert companies. For such development of diagnostics we have been preparing for many years.

Keywords: power sector, transformation, development of remote diagnostics

Artykuł ten dedykuję Inżynierowi Jerzemu Dobosiewiczowi, którego wkład w rozwój Diagnostyki trudno przecenić i który uczynił z niej Sztukę, źródło inspiracji dla wielu z nas.

Diagnostyka, jaką znamy i posługujemy się do dzisiaj to dziedzina utrzymania stanu technicznego urządzeń energetycznych, która w ostatnich dwóch dekadach ubiegłego stulecia osiągnęła poziom, spełniający również obecne wymagania. Wtedy także zaczęto ją opisywać w formie obowiązujących powszechnie standardów [3-6], chociaż pierwsze próby w tym zakresie były podejmowane znacznie wcześniej [1,2]. Powstanie standardów/instrukcji diagnostycznych w ostatniej dekadzie poprzedniego stulecia poprzedzone zostało ponad 20-letnim okresem zdobywania wiedzy i doświadczeń, które były na bieżąco „relacjonowane” w „Energetyce” [7-12]. Na szczególną uwagę zasługują publikacje inż. Jerzego Dobosiewicza [7, 8-11]. Zaczęły ukazywać się od 1959 roku. W latach 1960-1990 Autor publikował średnio 2 artykuły w roku, ale bywały także lata, gdy publikował ich dużo więcej, np. w 1966 – 6 artykułów, w 1981 – 5 artykułów, w 1984 – 4 artykuły. Od 1990 roku inż. Jerzy Dobosiewicz wraz ze współpracownikami z *Pro Novum* kontynuował publikacje artykułów w *Biuletynach Pro Novum*, na łamach „Energetyki”, których dotąd ukazało się 67. Ostatnie jego wydanie miało miejsce dwa miesiące temu, w grudniu 2020 roku. Ukazało się wraz z relacją z XXII Sympozjum *Pro Novum*, którego przewodnim tematem była diagnostyka jako źródło wiedzy dla strategii eksploatacji [36].

Diagnostyka wczoraj

Diagnostyka to część utrzymania stanu technicznego urządzeń, która jest ściśle powiązana z ich konstrukcją i warunkami pracy. W Polsce jej historia rozpoczęła się w latach pięćdziesiątych poprzedniego wieku wraz z powstawaniem kolejnych elektrowni i bloków energetycznych [1,2,7]. Przyspieszenia doznała w latach sześćdziesiątych wraz z budową bloków o mocy

120 MW. Pełnego rozwoju doświadczyła w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych wraz z oddaniem do eksploatacji ponad pięćdziesięciu bloków klasy 200 MW oraz szesnastu bloków klasy 460 MW. Bloki, niezależnie od mocy, budowane były na węgiel kamienny i brunatny. Jeszcze dzisiaj ok. 70% energii w Polsce pochodzi ze spalania tych paliw.

Diagnostyka urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni, która została opisana ok. 30 lat temu, zachowała swoją aktualność głównie dlatego, że tworzyli ją specjaliści związani bezpośrednio z utrzymaniem stanu technicznego i eksploatacją urządzeń, a wiedzę swoją pogłębiali rozwiązując konkretne problemy eksploatacyjne, w tym zwłaszcza awaryjne. W tym trybie użytkiwali najbardziej istotną wiedzę o konstrukcji urządzeń, w tym o nieoptymalnych rozwiązaniach konstrukcyjnych i błędach wykonania. Dzięki takiej, praktycznej wiedzy o urządzeniach, diagnostyka stosunkowo łatwo uporała się z wyzwaniem przedłużania eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych ponad czas „projektowy”, najpierw powyżej 100 tys. godzin, następnie powyżej 200 tys. godzin [9,14,15]. Zdalna diagnostyka, którą *Pro Novum* rozpoczęło wdrażać od 2004 roku na blokach o mocy od 100 MW do 360 MW (a także na blokach nadkrytycznych) za-inspirowała do opracowania „Wytycznych przedłużania eksploatacji bloków klasy 200 MW do 350 tys. godzin” [16-19]. Niektórzy nasze prognozy trwałości traktowali z niedowierzaniem, co było o tyle niezrozumiałe, że zostały oparte na wynikach wykonanych, w szerokim zakresie, badań niszczących elementów grubościennych z bloku, który został wyłączony z eksploatacji po przekroczeniu 250 tys. godzin pracy [20]. W międzyczasie wyłączono z eksploatacji bloki, które przepracowały ponad 310 tys. godzin. Zaprzestanie eksploatacji niektórych bloków klasy 100-200 MW nigdy nie wiązało się z wyczerpaniem rzeczywistej trwałości ich krytycznych/grubościennych elementów.

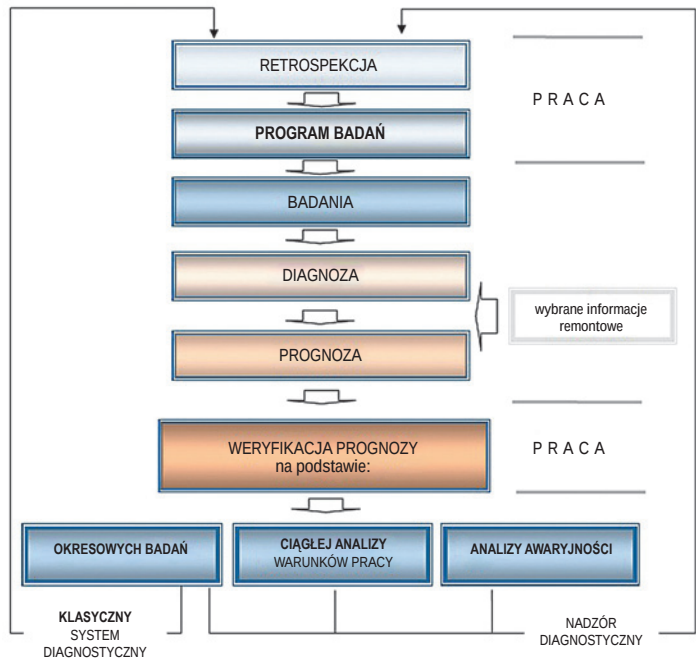
Trwałość wielu ważnych komponentów bloków, zwłaszcza w energetyce zawodowej – od wielu lat – nie jest limitowana przez czas eksploatacji (w kolejnych latach doświadczają go coraz mniej), lecz przez ich regulacyjny tryb pracy, w rytm generacji z OZE. O ich miejscu na rynku energii czy mocy decyduje stopień spełnienia limitów emisyjnych oraz względy ekonomiczne.

Schemat najbardziej efektywnego systemu diagnostycznego przedstawiono na rysunku 1. Jego istotę stanowi:

- potraktowanie diagnostyki jako procesu odpowiednio zintegrowanego z procesem eksploatacji,
- ustalanie terminów i zakresów badań na podstawie retrospekcji oraz analizy warunków pracy.

Konsekwentne jego stosowanie oznacza, że to nie plan remontów decyduje o terminie i zakresie badań, ale termin i zakres koniecznych badań wyznacza termin i zakres remontu. Jeśli nie ma potrzeby wykonania badań, to tym bardziej nie ma potrzeby wykonywania remontu. Stąd tylko krok do wykonywania diagnostyki w zdalnym trybie (rys. 2), wspierającej każdą z zaawansowanych strategii remontowych: CBM, RCM, RBM.

Diagnostyka, której techniczne możliwości i software'owa forma znane są od wielu lat oczekując na szersze niż dotąd wdrożenie, nadal jest rozwijana.



Rys 1. Schemat systemu diagnostycznego powiązanego z eksploatacją

Energetyka dziś i jutro

Zapoczątkowała ją, w latach pięćdziesiątych poprzedniego stulecia, budowa nowych elektrowni i kolejnych bloków energetycznych. Powstała prawie „od zera”. Poziom, który jeszcze dzisiaj można uznać za wystarczający dla autonomicznego zapewnienia bezpiecznej eksploatacji, oczekiwanej dyspozycyjności i potrzeb, osiągnęła w ubiegłym stuleciu. Problemy, które miała w zakresie integracji wiedzy i doświadczenia pozostały w znacznym stopniu do dzisiaj. Okres związany z jej prywatyzacją nie przełożył się na trwałe efekty. Dla *Pro Novum*

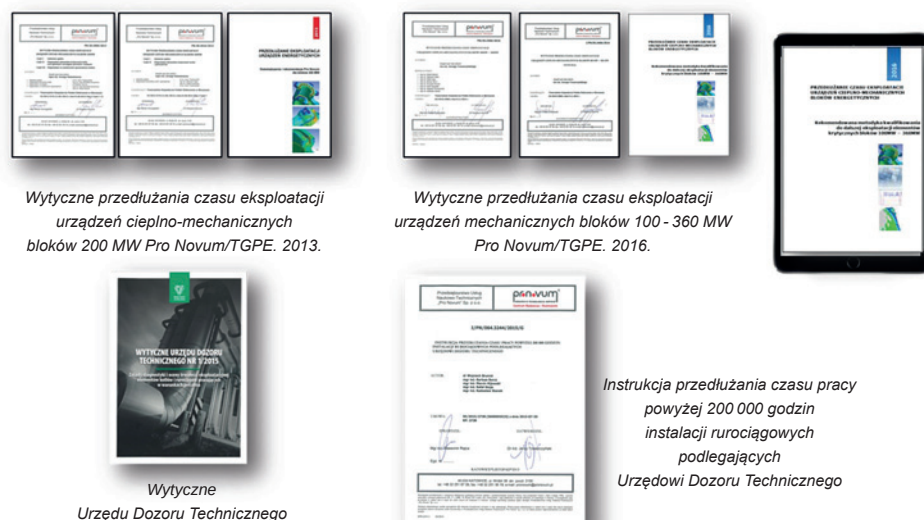
był jednak inspiracją do cyfrowej transformacji systemów diagnostycznych i ich ewolucji w kierunku dostosowania jej do potrzeb pracy regulacyjnej, a nawet do poprawy elastyczności bloków klasy 200 MW [21-26, 30].

Energetyce polskiej brakuje strategii począwszy od momentu transformacji ustrojowej, która dokonała się na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Branża o bardzo dużej autonomii w zakresie projektowania, wykonawstwa pełnego wyposażenia elektrowni, montażu, modernizacji i utrzymania technicznego, znalazła się na rynku rządowym się zupełnie innymi niż dotąd prawami. Nie uważano tego, częściowo zbagatelizowano. W konsekwencji tego Polska od prawie 30-tu lat, w różnym stopniu świadomie, realizuje politykę energetyczną UE inspirowaną, w największym stopniu, strategią energetyczną naszego zachodniego Sąsiada. Jednym z dowodów na to jest poziom debaty na temat transformacji energetycznej. Różni publicyści, „eksperci”, przedstawiciele organizacji pozarządowych i różnych think tanków niemal codziennie odliczają spadek generacji energii z węgla, promując jednocześnie wiatrak, fotowoltaikę, atom, wodór, etc. Mniej medialna, ale bardziej skuteczna jest promocja gazu ziemnego jako paliwa „przejściowego” na najbliższe ok. 25 lat. Dywersyfikacja źródeł tego paliwa zastąpiła dyskusję na temat suwerenności energetycznej. Więcej mówi się i pisze o suwerenności cyfrowej. W jednym i drugim przypadku zapewne z podobnym skutkiem. W dyskusji na temat polskiej polityki energetycznej pojawiają się także wątki „humorystyczne”, np. takie, żeby do czasu wdrożenia w Polsce bezemisyjnej energetyki wyłączyć generację energii z węgla i zastąpić ją ... „zieloną energią” z importu. Tego rodzaju dyskusji towarzyszy nadzieja, że bezemisyjna, także niskoemisyjna energia będzie tańsza, trzeba „tylko” zainwestować ok. 2 biliony złotych, korzystając jednak z mechanizmów tzw. sprawiedliwej transformacji.

W debacie o przyszłości polskiej energetyki prawie nie ma miejsca na refleksję o jej zapleczu, tj. o firmach remontowych i diagnostycznych, biurach projektowych, instytutach branżowych, wydziałach energetycznych wyższych uczelni technicznych, etc. To, że będą najpewniej stanowili „polski content” dla zagranicznych firm budujących i eksploatujących w Polsce nowe obiekty energetyczne staje się coraz bardziej naturalny. Niektórzy wieszczą amagedon. Bardziej prawdopodobna będzie jednak stopniowa transformacja polskiego sektora w kierunku rezygnacji ze źródeł wytwarzania opartych na spalaniu węgla. Tempo i skutki takiej transformacji będą uzależnione od wielu czynników, w tym od redukcji kompetencji technicznych w zakresie eksploatacji i utrzymania stanu technicznego krytycznej infrastruktury elektrowni.

Diagnostyka dziś

W obecnie wykonywanej diagnostyce urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni dominują metody o charakterze uniwersalnym, stosowane i sprawdzone od wielu lat. Względnie nowe, ultradźwiękowe techniki badań, jak np. Phased Array czy ToFD poszerzyły możliwości badań



Rys. 2. Diagnostyka wspierająca bezpieczną eksploatację urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków energetycznych klasy 100 MW – 360 MW w perspektywie ok. 350 000 godzin [17-19]

ultradźwiękowych. Technika prądów wirowych znalazła szerokie zastosowanie w badaniach wkładów rurowych wymienników ciepła oraz otworów centralnych wirników, a mikroskopia scanninowa SEM wraz z przystawkami EDS do mikroanalizy składników struktury materiałów istotnie powiększyły możliwości badań metalograficznych. Wiele nowych badań, np. Small Punch Test wykazało bardzo ograniczoną przydatność, podobnie jak szereg tzw. badań innowacyjnych, których twórcy ciągle poszukują dla nich praktycznej przydatności. Nadal największe znaczenie posiada planowanie badań i interpretacja ich wyników, gdyż badania to tylko część diagnostyki (rys.1). W zakresie oceny stanu technicznego oraz prognozowania trwałości, zwłaszcza w zakresie jej przedłużania, największą przydatność posiadają „Wytyczne przedłużania eksploatacji...” wskazujące zwłaszcza na sposób interpretacji wyników badań, w tym badań niszczących [17-20], (rys. 2).

Zaimplementowanie „Wytycznych przedłużania eksploatacji...” na Platformie Informatycznej LM System PRO+® umożliwiło, prawie 15 lat temu, zaoferowanie zdalnej diagnostyki [21-23]

w formie serwisów diagnostycznych LM Serwis PRO+® (rys. 3). Serwisy te w formule LTDS inspirowane były strategiami remontowymi Wydziałów Inżynierii EdF oraz Vattenfall Heat Poland. Strategie remontowe, szczególnie CBM, RCM i RBM, skłaniają do możliwie ścisłego powiązania nakładów remontowych z aktualnym i dającym się przewidzieć stanem technicznym urządzeń. Podejście to zwłaszcza obecnie zostało w znacznym stopniu zaniedbane [26]. Aprobaty nie znalazły nawet systemy automatycznego zapisu historii i warunków eksploatacji dla potrzeb diagnostyki, co jest nieodzwon, zwłaszcza od kiedy bloki energetyczne eksploatowane są w trybie regulacyjnym, a zmiana pokoleniowa wśród specjalistów elektrowni sprawia, że wiedzy zgromadzonej przez nich „w głowach i biurkach” nie da się w koniecznym stopniu przekazać następcom.

Pewnym optymizmem napawa wzrost znaczenia serwisów o charakterze interwencyjnym, umożliwiającym, po zaimplementowaniu algorytmów mechaniki pęknięcia [27], warunkową pracę uszkodzonych elementów do czasu ich wymiany lub zakończenia eksploatacji urządzenia.



Rys. 3. Zdalna diagnostyka w formie wieloletniego serwisu LM Serwis PRO+®, zapewniająca automatyczną aktualizację oceny stanu technicznego i prognozy trwałości, realizowana na Platformie LM System PRO+®

Diagnostyka wykonywana na odpowiednio wysokim poziomie może i powinna być źródłem wiedzy dla strategii eksploatacji [28, 31-35], co ma szczególne znaczenie zwłaszcza dla urządzeń w końcowej fazie pracy. Na razie nic tego nie zapowiada.

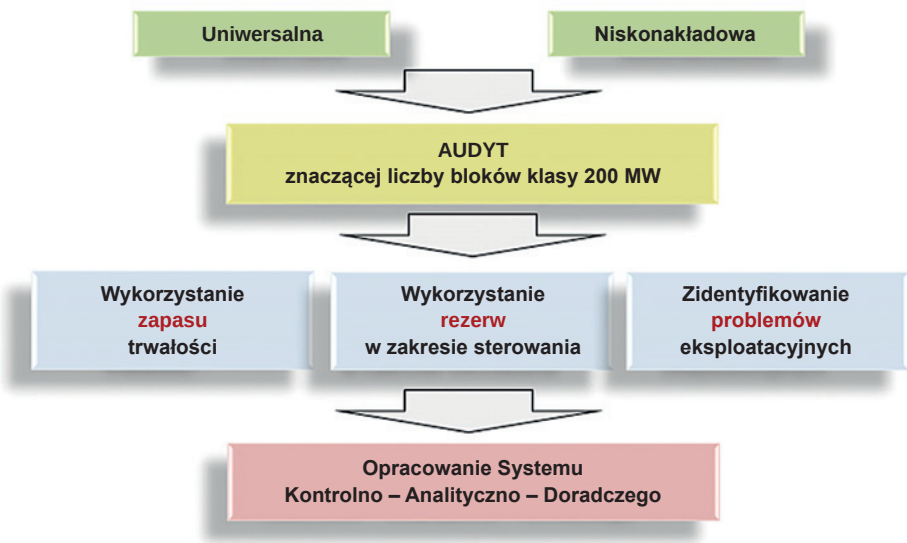
- Diagnostyka utraciła w znacznym stopniu swoją autonomię, staje się częścią remontów. Ułatwia to może organizację przetargów, ogranicza jednak korzyści użytkownika w zakresie wiedzy, zwłaszcza dotyczącej profilaktyki.
- Wymiana wiedzy i doświadczeń ulega dalszej redukcji; trudności, jakie wywołała pandemia proces ten jeszcze bardziej akcelerują. Algorytmy realizujące *Machine & Transfer Learning* mogą w tym względzie pomóc nie tylko w skali elekrowni, ale także użytkowników jednej klasy urządzeń [28].
- Niska ranga działań będących źródłem najbardziej użytecznej wiedzy:
 - badań niszczących elementów/urządzeń wycofanych z eksploatacji,
 - w śladowym zakresie korzystanie ze zdalnej diagnostyki, nawet w czasach epidemii (!),
 - bardzo ograniczone korzystanie z możliwości, jakie stwarzają cyfrowe technologie w zakresie analizy warunków pracy, a zwłaszcza naprężeń, także w trybie on-line – nadal korzysta się z metod i kryteriów konstruktorskich sprzed prawie pięćdziesięciu lat.

Diagnostyka jutro

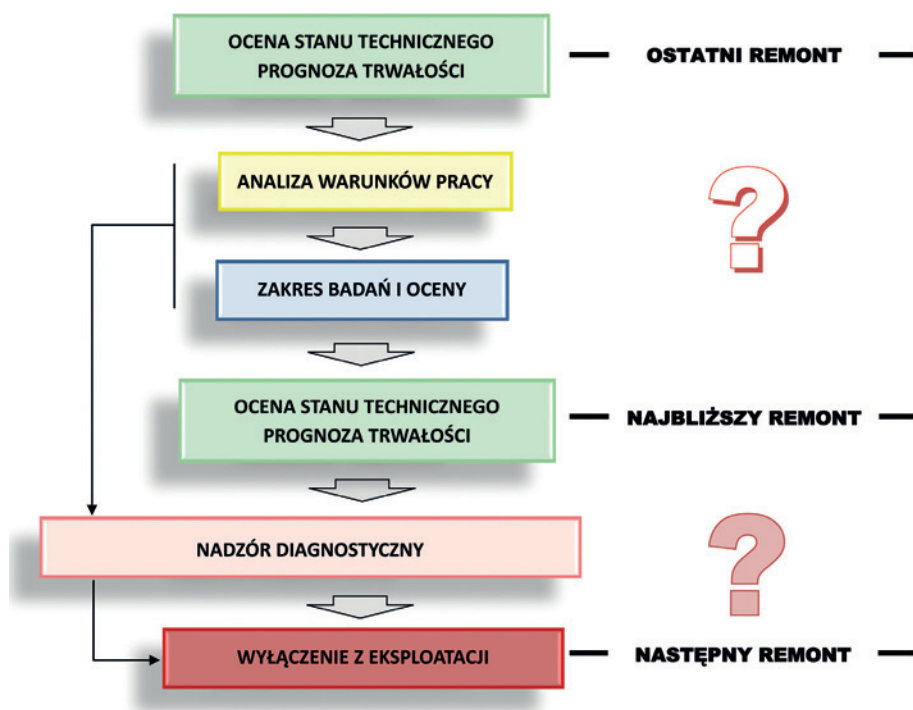
Diagnostyka, podobnie jak dotąd, ma do odegrania znaczącą rolę także w przyszłości. W najbliższym czasie może przyczynić się do niskonakładowej poprawy elastyczności długo eksploatowanych bloków węglowych, których obecność na rynkach energii i mocy zależna będzie w znaczącym stopniu od tego czy sprostać wymaganiom Operatora w zakresie pracy regulacyjnej przy akceptowalnych standardach bezpieczeństwa, dyspozycyjności i kosztach utrzymania. Wyniki dotychczasowych prac wskazują, że jest to technicznie możliwe i ekonomicznie atrakcyjne (rys. 4) [30].

W perspektywie najbliższych 5-15 lat odpowiednio wykonywana diagnostyka powinna umożliwiać utrzymanie bezpieczeństwa i dyspozycyjności bloków energetycznych, urządzeń i instalacji w końcowej fazie ich eksploatacji. Wyczerpanie rzeczywistej trwałości nie powinno nastąpić tak długo, jak spełnione są wymagania prawne i ekonomiczne. Odpowiednio wykonywana diagnostyka może pomóc zastąpić tzw. strategię „awaryjno-planową” przez strategię CBM. Diagnostyka zdalna z zaimplementowanymi algorytmami cyfrowej analizy naprężeń i mechaniki pęknięcia wykonywana w trybie on-line może zapewnić tego rodzaju utrzymanie stanu technicznego urządzeń (rys. 5). Ta klasa bloków/urządzeń/instalacji będzie dysponowała względnie niskimi budżetami utrzymaniowymi (również na diagnostykę). Im mniejsze środki na utrzymanie, tym lepiej powinny zostać wydane. Niepewność terminu i zakresu bieżącego i przyszłego remontu nie powinna być wspierana wyłącznie intuicją i doświadczeniem, zwłaszcza gdy to ostatnie może być coraz bardziej ograniczone.

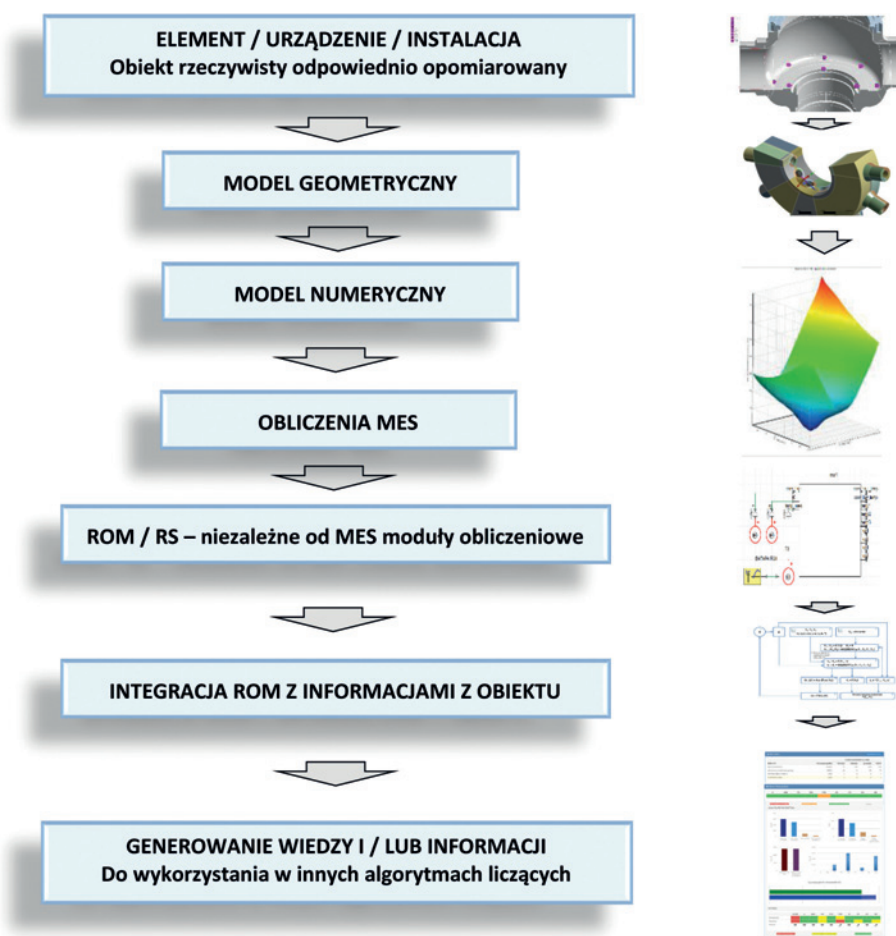
Budowie nowych źródeł wytwarzania energii, w znaczącej liczbie, powinien towarzyszyć swego rodzaju offset technologiczny, zwłaszcza w zakresie utrzymania technicznego, w tym diagnostyki. To jest możliwe, jeśli zakupy dotyczyć będą dostawy większej liczby bloków, a nie jak dotąd pojedynczych jednostek. Utrzymanie stanu technicznego to znacząca część kosztów eksploatacji urządzenia. Dla jego dostawcy to ważna część biznesu, zwłaszcza gdy wspiera eksploatację wieloletnim serwisem LTSA. Zapewnieniu swoistej równowagi interesów użytkownik sam lub z pomocą niezależnych od dostawcy firm powinien zapewnić sobie serwis diagnostyczny uzupełniany przez analizę awaryjności oraz wybrane informacje remontowe. W takich przypadkach należy rekomendować system wykorzystujący bliźniaki cyfrowe nie tylko wybranych elementów, ale także części lub całych instalacji i urządzeń. Taki system może generować zaawansowaną wiedzę, dającą się wykorzystać nie tylko do nadzoru nad bezpieczeństwem i dyspozycyjnością, ale także dla oceny korzyści z modernizacji czy zmiany warunków eksploatacji i strategii utrzymania technicznego.



Rys. 4. Ogólny schemat metody *Pro Novum* pozwalającej na poprawę elastyczności bloków klasy 200 MW z wykorzystaniem wiedzy z diagnostyki, modelowania i symulacji oraz testów



Rys. 5. Diagnostyka wspierająca bezpieczeństwo i dyspozycyjność w końcowym okresie eksploatacji bloków energetycznych, urządzeń i instalacji, w warunkach ograniczonej możliwości planowania remontów o charakterze prewencyjnym



Rys. 6. Diagnostyka dostosowana do nowych i krótko dotąd eksploatowanych bloków, urządzeń i instalacji energetycznych

Na rysunku 6 przedstawiono schemat systemu nadzoru eksploatacji elementu/urządzenia, który w formie cyfrowej pozwala odwzorować wszystkie podstawowe procesy towarzyszące eksploatacji, w tym także symulować zachowania i zdarzenia oraz ich konsekwencje bez potrzeby wykonywania uciążliwych (często niemożliwych) i kosztownych prac obiektowych. Dotychczasowe rezultaty tego rodzaju prac [35] pozwalają mieć uzasadnioną nadzieję, że w perspektywie 2-3 najbliższych lat będziemy mogli zaoferować dojrzałe rozwiązania o charakterze aplikacyjnym na nowych i niedługo eksploatowanych konwencjonalnych blokach energetycznych.

Podsumowanie – próba prognozy

Transformacja elektroenergetyki to naturalny proces. Trwa, od kiedy ona istnieje. Obecnie, zwłaszcza w UE, mamy do czynienia jedynie z próbą jej przyspieszenia. Także w Polsce od wielu lat próbujemy sprostać presji, jaka temu towarzyszy. Jej kierunek jest powszechnie znany. Trwa dyskusja na temat sposobów i tempa osiągnięcia celu. Wiadomo, że koszty finansowe i społeczne będą bardzo duże. Czy stać nas będzie na racjonalne decyzje i konsekwentne działanie w okresie najbliższych 20-30 lat? Czy formułując strategię na ten okres uda nam się zaplanować racjonalne działania na najbliższą dekadę i rozpocząć ich realizację w ciągu najbliższych dwóch – trzech lat?

Transformacji w zakresie metod wytwarzania energii i jej dystrybucji towarzyszyć będzie ewolucja diagnostyki. Ważniejsze znaczenie niż nowe techniki badania i pomiarów będzie miało nowe podejście do przetwarzania informacji – nie tylko wyników badań – w wiedzę. Zaawansowane technologie analityczne i metody AI sprawiają, że wiedzę będą zdobywać w większym stopniu algorytmy niż ludzie. W większym niż dotąd stopniu będzie źródłem strategii eksploatacji i utrzymania technicznego; miejmy nadzieję, że nie tylko dla dostawców nowych technologii i urządzeń.

Na taką przyszłość diagnostyki przygotowujemy się od wielu lat.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Wytyczne kontroli rurociągów i rur przegrzewaczowych pracujących w wysokich temperaturach. Departament Techniki Min. Energetyki. 1957.
- [2] Krzywda S., Dobosiewicz J., *Instrukcja pomiaru pełzania rurociągów parowych*, ZEOPd, Katowice 1960.
- [3] *Instrukcja oceny stanu oraz kwalifikowania do wymiany komór, kolektorów, rurociągów kotłowych i głównych rurociągów parowych pracujących w warunkach pełzania*, MGIE, Warszawa 1986.
- [4] *System diagnostyki materiałowej podstawowych elementów urządzeń energetycznych*, Instytut Energetyki, Warszawa 1996.
- [5] Dobosiewicz J., *Badania diagnostyczne urządzeń cieplno-mechanicznych w energetyce. Część I. Zagadnienia ogólne. Turbiny i generatory*, Biuro Gamma, Warszawa 1998.
- [6] Dobosiewicz J., *Badania diagnostyczne urządzeń cieplno-mechanicznych w energetyce. Część II. Kotły i rurociągi*, Biuro Gamma, Warszawa 1999.

- [7] Dobosiewicz J.: *Kontrola rurociągów wysokiego ciśnienia*. „Energetyka” 1959, nr 10.
- [8] Dobosiewicz J., Prohaska N., *Niezawodność połączeń spawanych rurociągów parowych*. „Energetyka” 1976, nr 3.
- [9] Dobosiewicz J., *Przydatność elementów kotłów po przekroczeniu obliczeniowego czasu pracy*. „Energetyka” 1983, nr 8.
- [10] Dobosiewicz J., Wojczyk K., *Dopuszczalne ugięcia komór w energetycznych kotłach parowych*. „Energetyka” 1987, nr 7.
- [11] Dobosiewicz J., Zbroińska-Szczuchura E., *Uszkodzenia komór przegrzewaczy kotłów parowych*, „Energetyka” 1993, nr 3.
- [12] Brunné W., *Wytyczne nadzoru stanu technicznego głównych rurociągów elektrowni*, „Energetyka” 1996, nr 2, *Biuletyn Pro Novum*.
- [13] Brunné W., *Zamocowania rurociągów wysokoprężnych i wysokotemperaturowych po długotrwałej eksploatacji*, „Dozór Techniczny” 2007.
- [14] Grzesiczek E., Trzeczcyński J., Rajca S., *Możliwości wydłużania czasu eksploatacji elementów części przepływowych turbin parowych*. „Energetyka” 2003, nr 12.
- [15] Trzeczcyński J., *Eksploatacja urządzeń cieplno-mechanicznych elektrowni po przekroczeniu trwałości projektowej – Rekomendacje i doświadczenia Pro Novum*. „Nowa Energia” 2014, nr 1.
- [16] Trzeczcyński J., *System diagnostyczny zapewniający bezpieczną pracę bloków 200 MW po przekroczeniu 300 tys. godz. Eksploatacji*, „Dozór Techniczny” 2012, nr 2.
- [17] PN/20.2900/2013: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń cieplno-mechanicznych bloków 200 MW. Część I. Założenia ogólne. Część II. Diagnostyka elementów krytycznych kotła oraz głównych rurociągów parowych i wodnych. Część III. Diagnostyka rur powierzchni ogrzewalnych kotłów, *Pro Novum*, Katowice, luty 2013.
- [18] PN/30.2910/2013: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń cieplno-mechanicznych bloków 200 MW. Część I. Założenia ogólne. Część II. Diagnostyka elementów krytycznych turbin i generatorów, *Pro Novum*, Katowice, luty 2013.
- [19] PN/045.3360/2016: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń cieplno-mechanicznych bloków 100-360 MW, *Pro Novum*, Katowice 2016.
- [20] Sprawozdanie *Pro Novum* 049.3096/2014: *Badania wybranych elementów krytycznych bloków 200 MW po długotrwałej eksploatacji dla określenia możliwości przedłużania ich eksploatacji do 350 000 godzin*. Katowice 2014. Niepublikowane.
- [21] Trzeczcyński J., *Remote Diagnostic Systems for Assessment of Thermo-Mechanical Equipment of Power Plants*. Proceedings of 2 nd ECCC Creep Conference, 21-23 April 2009, Zurich.
- [22] Trzeczcyński J., Murzynowski W., Białek S., *Monitorowanie stanu technicznego urządzeń cieplno-mechanicznych bloków energetycznych przy wykorzystaniu platformy informatycznej LM System PRO+®*, „Dozór Techniczny” 2011, nr 5.
- [23] Trzeczcyński J., *Concept and Present State of Implementation of LM System PRO® – the System Supporting Supporting Maintenance of Thermo-Mechanical Power Equipment*, 3rd ETC Generation and Technology Workshop „Life Time Management of Pressurized Equipment”, Dublin 2007.

- [24] Trzeczcyński J., Stanek R., Szyja R., Staszalek K., *Cyclic operation of modernized power units of 200 MW and 360 MW*. ETD Conference – Flexible Operation & Preservation of Power Plants. London, 23-24 November 2015.
- [25] Trzeczcyński J., Stanek R., Rajca S., Staszalek K., Sobczy-szyn A., *Diagnostics of Long Time Operated Power Units Plan-ned for Flexible Operation*. VGB Workshop „Materials and Qu-ality Assurance”. 18-19 May 2017 in Maria Enzersdorf/Austria.
- [26] Trzeczcyński J., Murzynowski W., Stanek R., Merdalski W., *Zdalna diagnostyka – niewykorzystana szansa na niskonakła-dowe zapewnienie bezpieczeństwa*. „Energetyka” 2020, nr 6, *Biuletyn Pro Novum*.
- [27] BS 7910 – 2013+A1:2015: Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures.
- [28] Stanek R., Trzeczcyński J., Dąbrowski M., *Diagnostyka jedne-go typu urządzeń w skali KSE z wykorzystaniem portalu interne-towego integrującego informacje eksploatacyjne*. „Energetyka” 2017, nr 12, *Biuletyn Pro Novum*.
- [29] Flexibility Toolbox. Compilation of Measures for the Flexible Ope-ration of Coal-Fired Power Plants. VGB PowerTech. VGB-B-033
- [30] Program Bloki 200+. Innowacyjna technologia *Pro Novum* zmia-ny režimu pracy bloków energetycznych klasy 200 MW. 2019. W trakcie realizacji. Materiały niepublikowane.
- [31] Trzeczcyński J., Trzeczcyńska E., *Diagnostic as a source of knowledge and strategy for units of coal flexible fired power plants*, VGB Conference „Maintenance in Power Plants 2019”, 19-20 February 2019, Potsdam/Germany.
- [32] Trzeczcyński J., Trzeczcyńska E., *Diagnostic as a source of knowledge and strategy for units of coal flexible fired power plants*. “VGB PowerTech” 2020, No 9.
- [33] Trzeczcyński J., *Bloki klasy 200 MW dziś i jutro*. „Energetyka” 2020, nr 1, *Biuletyn Pro Novum* 1/2020.
- [34] Trzeczcyński J., *Diagnostyka źródłem wiedzy i strategii eksploatacji*. „Energetyka” 2020, nr 12, *Biuletyn Pro Novum* 2/2020.
- [35] OPTI_AI_UNIT – Komputerowy system nadzoru nad bezpie-czeństwem eksploatacji instalacji rurociągowych pracujących w warunkach pełzania. *Pro Novum*. Katowice 2020/2021. Ma-teriały niepublikowane.
- [36] XXII Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe „Diagnostyka I Re-monty Urządzeń Energetycznych” – Diagnostyka źródłem wie-dzy dla strategii eksploatacji. Katowice, Courtyard by Marriott Katowice City Center, 8-9 października 2020.



 **energoelektronika.pl**

Podnieś swoje kwalifikacje

Programowanie sterowników PLC SIMATIC S7-1200

POZIOM PODSTAWOWY

SZKOLENIA ONLINE!

Więcej informacji



 /ENERGOELEKTRONIKAPL

 marketing@energoelektronika.pl

 (+48) 725 725 447