

Szanowni Państwo

Diagnostyka jest podstawowym, a w większości przypadków jedynym źródłem wiedzy o stanie technicznym, zwłaszcza urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni. Z tego względu powinna stanowić podstawę wszelkich strategii maintenance'u. Historycznie rzecz ujmując w pierwszym okresie polskiej energetyki dominowała „strategia do uszkodzenia” – określano to wtedy bardziej dosadnie, dzisiaj pewnie użyto by określenia reactive maintenance. W okresie późniejszym zaczęła zdobywać popularność strategia oparta na remontach wykonywanych w stałych przedziałach czasowych (TBM) z rozbudowaną profilaktyką. Nie wdrożono dotąd kompleksowo żadnej z klasycznych strategii optymalizujących termin, zakres oraz koszt maintenance'u, zwłaszcza CBM i RBM.

W ostatnim czasie można zauważyć próby wdrożenia strategii, od których oczekuje się w pierwszym rzędzie dalszej redukcji nakładów na remonty. Efekt taki zamierza się osiągnąć, gdy dyspozycyjność wielu bloków jest znacząco niższa niż w przeszłości, wiele elementów/urządzeń/installacji będzie (już pracuje) po przekroczeniu czasu projektowego, a znacząca część z nich ma pracować podszczytowo i szczytowo, w trybie maksymalnie elastycznym przez dalszych ok. 15-20 lat! Problemy ma rozwiązać nie tylko „preventive maintenance”, ale nawet „predictive maintenance”. Określenia w języku angielskim często zastępują techniczny sens tych działań. Rozwiązania oferują firmy o profilu informatycznym z udziałem analityków big data oraz dostawcy programów ERP, którzy z coraz większym sukcesem oferują „strategie RCM” starając się przekonać, że zaawansowana analiza statystyczna może zastąpić planowanie remontów według wiedzy z diagnostyki, a „prognozowanie” można zastąpić „przewidywaniem”.

Niektóre przykłady takich zastosowań myślą inteligentne pomiary z inteligentną diagnostyką. Redukcja nakładów na utrzymanie stanu technicznego pogłębia spadek kompetencji technicznych spowodowanych zmianą pokoleniową w elektrowniach i w firmach remontowych oraz diagnostycznych. Warto zastanowić się czy „statystyczne” podejście do oceny stanu technicznego temu procesowi zapobiega, czy jeszcze bardziej go pogłębia. Kompetencje to wiedza poparta doświadczeniem. Na zdobycie doświadczenia potrzeba sporo czasu, ten czas można skrócić dbając o jakość wiedzy oraz o kontrolę nad jej transferem. Techniczne know-how to może największy składnik wartości elektrowni.

Pro Novum „od zawsze” doradza, zwłaszcza elektrowniom wyposażonym w bloki węglowe klasy 100 MW, 200 MW i 360 MW, że programy klasy ERP powinny być uzupełniane przez programy typu Lifetime Cockpit, jak np. nasz LM System-PRO+[®] i integrowane na poziomie menedżerskim przez Moduły klasy Business Intelligent, jak nasz Moduł BI PRO. Najlepszy efekt można osiągnąć integrując klasyczną diagnostykę z zaawansowaną analityką AI, a nie wykluczając lub mechanicznie ograniczając diagnostykę klasyczną. Analitykę data mining oraz machine learning warto (trzeba zastosować) tam, gdzie to ma sens i może przynieść ewidentne korzyści, zwłaszcza na blokach klasy 200 MW i 360 MW w odpowiedni sposób integrując profesjonalną diagnostykę, analizę awaryjności w skali wielu urządzeń, najlepiej w skali nie tylko elektrowni czy grupy energetycznej, z analizą warunków eksploatacji oraz wybranych wskaźników ekonomicznych i produkcyjnych. W tym celu stworzyliśmy, wraz z wszystkimi grupami energetycznymi w Polsce, Portal Bloki PRO. Będzie to prawdopodobnie najbardziej zaawansowane narzędzie działające w skali KSE, integrujące klasyczną diagnostykę z metodami AI.

Zapraszamy do lektury artykułów napisanych na podstawie referatów wygłoszonych podczas XIX Sympozjum zorganizowanego przez Pro Novum, z którego relację mogą Państwo przeczytać na stronie 818-819.

Jerzy Trzeszczyński & Jerzy Dobosiewicz

Jerzy Trzeszczyński

Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o.

Diagnostyka wspierająca elastyczną eksploatację bloków klasy 200 MW

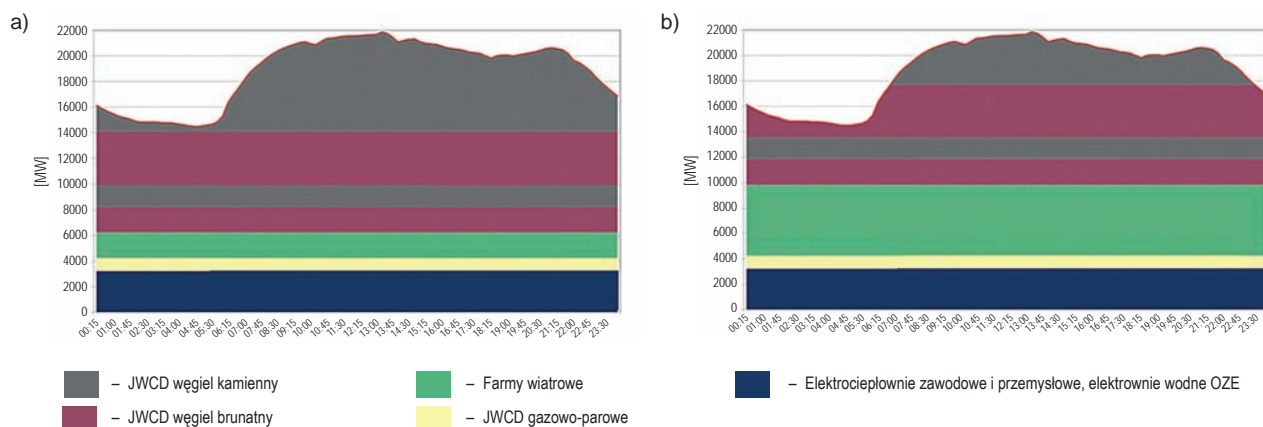
Diagnostics to support flexible operation of 200 MW power units

Żyjemy w czasach transformacji, która dotyka praktycznie wszystkich dziedzin życia i ma globalny charakter. Kierunek jej nie jest do końca jasny, natomiast jej tempo wydaje się przyspieszać. Obejmuje także energetykę, prawie w każdym jej obszarze. Gospodarka 4.0 stanowi wyzwanie dla wszystkich rodzajów generacji, zarówno w obszarze produkcji, utrzymania technicznego jak również modeli biznesowych [1]. Podnosi wysoko poprzeczkę wymagań.

Odpowiednio zmodernizowane i dostosowane bloki klasy 100 MW, a zwłaszcza 200 MW i 360 MW, nie stoją na straconej pozycji, pełnią bowiem w coraz większym stopniu rolę stabilizatora KSE. Ich stan techniczny jest nadal bardzo dobry, od dawno stanowią bardziej „problem” dla dostawców nowych urządzeń niż dla użytkowników. Problem tych drugich polega głównie na tym, że brakuje dla nich „miejsca” w KSE, a rola, którą przeznacza im Operator, jest coraz mniej komfortowa. Ważne miejsce w KSE (rys. 1) będą miały tak długo, jak magazynowanie energii generowanej przez wiatrowe i fotowoltaiczne źródła energii oraz bardziej elastyczne bloki węglowe, gazowo-parowe lub odpowiednio zaprojektowane silniki [2] istotnie nie ograniczą ich liczby,

a w dłuższym horyzoncie czasowym (ok. 15-20 lat) nie wykluczą ich z rynku energii. Zagrożeniem dla nich nie są ani wybudowane dotąd, ani aktualnie budowane węglowe bloki dużej mocy, gdyż ich niewątpliwe atuty uzewnętrzniają się wyłącznie w pracy podstawowej, przy jak najmniejszej liczbie odstawień oraz postojów. Ponieważ wyposażane są w wiele rozwiązań prototypowych, trzeba poczekać kilka lat, aby ocenić ich dyspozycyjność oraz realne koszty utrzymania, zwłaszcza w trybie LTSA. Miejsca w KSE (rys. 1) nie jest dla nich zbyt dużo, może go nadal ubywać, a regulacyjne oczekiwania Operatora mogą niewiele odbiegać od warunków, jakie mają bloki klasy 200 MW, ponieważ w znaczącym stopniu będą zajmowały ich miejsce w KSE.

Wśród wymagań stawianych blokom energetycznym: prawnych, ekonomicznych i technicznych, te ostatnie są najważniejsze. Stan techniczny urządzeń energetycznych decyduje bowiem o ich bezpiecznej eksploatacji i dyspozycyjności. Wydaje się, że coraz bardziej kreatywna ekonomia oraz prawo stanowią mniejsze zagrożenie, jakkolwiek nie można ich bagatelizować, zależą bowiem od polityki.



Rys. 1. Strategie operatora KSE w zakresie zaspokajania chwilowych potrzeb na energię elektryczną: a) rok 2016, b) prognoza na rok 2020 (w okresach zwiększonej generacji energii przez farmy wiatrowe)

Źródło: PSE (opracowanie własne)

Ważny dla przyszłości bloków 200 MW będzie sposób ich przystosowania do jeszcze bardziej elastycznej pracy. Koncepcja powinna uwzględniać podstawowe, konstrukcyjne atuty tych bloków oraz modernizacje zwłaszcza te, które wpłynęły na trwałość/dyspozycyjność oraz spełnienie wymagań dyrektywy IED 2010/75/EU.

Jak długo mogą bezpiecznie pracować bloki klasy 200 MW?

Konstrukcja, doświadczenia eksploatacyjne i aktualny stan techniczny bloków klasy 200 MW sprawiają, że mogą one pracować tak długo, jak długo będzie to ekonomicznie opłacalne i prawnie dopuszczalne. Z technicznego punktu widzenia sens ich dalszej eksploatacji limituje trwałość elementów krytycznych głównych urządzeń ciepłno-mechanicznych. Badania elementów wycofanych z eksploatacji po przepracowaniu ok. 250 000 godzin wskazują, że mogą przepracować co najmniej 350 000 godzin, co oznacza, że najstarsze z nich mają jeszcze perspektywę ok. 15 lat pracy (zakładając ok. 4000 godz./rok), przy zapewnieniu odpowiedniej jakości maintenance'u [3,4] dostosowanego do ich bieżącego stanu technicznego oraz warunków eksploatacji.

Podstawowe cechy i niektóre konsekwencje elastycznej pracy bloków energetycznych

Według przedstawionych dotąd oczekiwań Operatora elastyczna praca bloku oznacza spełnienie niżej wymienionych wymagań:

- krótszy niż dotąd czas uruchamiania, także ze stanu zimnego (do 5-ciu godzin),
- zwiększona do 4% mocy nominalnej/min prędkość uruchamiania i zmiany obciążenia,
- obniżone minimum techniczne do ok. 40% mocy nominalnej,
- zwiększona do ok. 200 liczba uruchomień/rok.

Zakłada się, że bloki odpowiednio zmodernizowane/przystosowane do eksploatacji:

- pracować będą ok. 1500 - 4000 godz./rok,
- pozostaną w KSE do ok. 2035 roku.

W trybie pracy jak wyżej powinny być spełnione wymagania BAT Conclusions oraz odpowiednio wysoka dyspozycyjność wynikająca zwłaszcza ze spełnienia wymagań Rynku Mocy.

Bardziej elastyczna praca bloków ma swoje konsekwencje, z których większości nie da się uniknąć, można starać się je jednak ograniczyć. Praca elastyczna ma swoją cenę, zależną od głębokości regulacji oraz trybu pracy bloku (liczby i czasu postojów). Najważniejsze składniki tych kosztów to:

- zwiększona utrata trwałości (zwłaszcza jako rezultat większej liczby uruchomień oraz pracy przy obniżonym minimum technicznym),
- krótszy czas pracy (większa liczba postojów) oraz niższa niż znamionowa moc średnia bloku,
- generacja przy niższej sprawności,
- wzrost kosztów uruchomień,
- możliwość niedotrzymania limitów emisji,
- pogorszenie jakości popiołu, żużla i gipsu,
- utrzymywanie rezerwy wirującej na wyższym poziomie.

Zwiększona utrata trwałości będzie implikować kolejne zagrożenia i koszty:

- a) obniżenie dyspozycyjności,
- b) wzrost liczby i zakresów oraz kosztów remontów,
- c) potrzebę dalszych modernizacji.

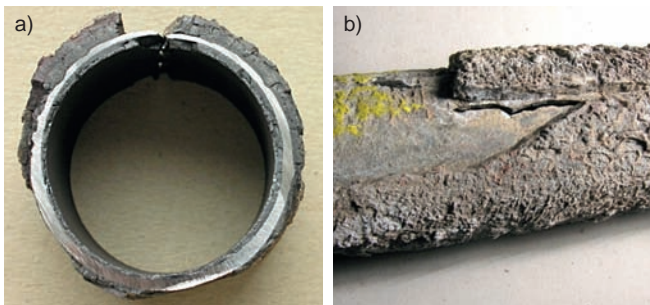
W obszarze chemii energetycznej można oczekiwać wymienionych poniżej problemów [7]:

- brak możliwości utrzymania stabilnych parametrów fizykochemicznych w układzie kondensacji i wody zasilającej, zwłaszcza w układach, gdzie całość korekcji prowadzona jest przez te dwa układy, a układy dozujące nie są zaprojektowane do nadążania za zmieniającym się strumieniem czynnika;
- przyrost ilości osadów na powierzchniach ogrzewalnych może być przyczyną zwiększania się liczby uszkodzeń korozyjnych;
- zmiany prędkości przepływu (turbulencja) w układzie wody zasilającej przy dodatkowych zmianach w obszarze wyżej wymienionych parametrów mogą być z kolei przyczyną zintensyfikowania zjawisk związanych z FAC (Flow Accelerated Corrosion);
- układy wodno-parowe, w których stosowany jest stały alkalizator wody kotłowej, będą bardziej elastyczne, jednakże pojawi się problem unosu mechanicznego fosforanów (i innych zanieczyszczeń) do pary w momencie przyrostu mocy na turbinie i spadku ciśnienia w kotle, w czasie którego woda w walczaku szybko odparowuje przedostając się do traktu parowego i dalej do turbiny; efekt zjawiska podobny jak dla zanieczyszczeń z układu zasilającego;
- regulacyjność to również odstawienia urządzeń do rezerwy i cały szereg zjawisk związanych z korozją postojową, niedotrzymywanie parametrów przy ponownym uruchomieniu, transport zanieczyszczeń w trakcie uruchamiania.

Stan techniczny urządzeń zależy od historii i warunków ich eksploatacji oraz od zakresów i poziomu technicznego planowanych remontów, które zależą z kolei od jakości diagnostyki. Identyfikowanie uszkodzeń związanych z pracą regulacyjną wymaga specjalnie dostosowanej do tego diagnostyki oraz personelu o odpowiednich kompetencjach.

Poniżej przedstawiono kilka wybranych przykładów uszkodzeń, związanych w znacznym stopniu z pracą regulacyjną, jako konsekwencje:

- zerwania cyrkulacji w kotle – praca rur powierzchni ogrzewalnych w warunkach sprzyjających ich przegrzaniu (rys. 2 i 3),
- niedogrzenia wody zasilającej w momencie zwiększania mocy bloku – wzrost różnicy temperatur między wodą kotłową w walczaku/temperaturą ścianki walczaka a wody zasilającej – pęknięcia w strefie wodnej walczaka (rys. 4 i 5),
- wzrostu amplitudy i częstotliwości różnic temperatur pomiędzy czynnikiem a metalem jako rezultat szybszych uruchomień ze stanu gorącego bloku (rys. 6),
- szlakowania rur ekranowych jako rezultat pracy kotła z licznymi uruchomieniami i obniżonym minimum technicznym (rys. 7),
- intensyfikacji erozji łopatek ostatnich stopni NP jako rezultat pracy turbiny z obniżoną mocą (rys. 8),
- korozji postojowej elementów układu przepływowego turbiny jako skutek niedostatecznego zabezpieczenia turbiny przed korozją postojową (rys. 9).



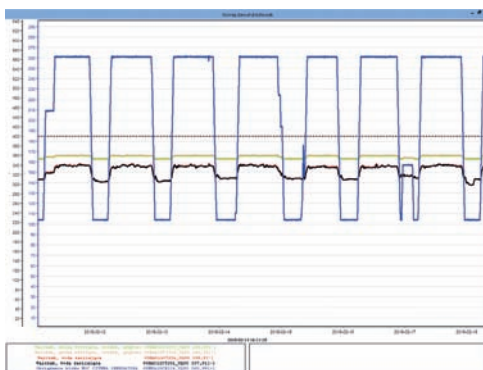
Rys. 2. Zakończenia cyrkulacji czynnika w kotle – korozja wysokotemperaturowa – obustronne pocienienie ścianki węzownicy aż do perforacji: a) przekrój poprzeczny, b) powierzchnia zewnętrzna
Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Zakończenia cyrkulacji czynnika w kotle – przegrzanie rur przegrzewacza pary
Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Pęknięcia na krawędzi otworu pod rurę opadową w strefie wodnej walczaka
Źródło: opracowanie własne



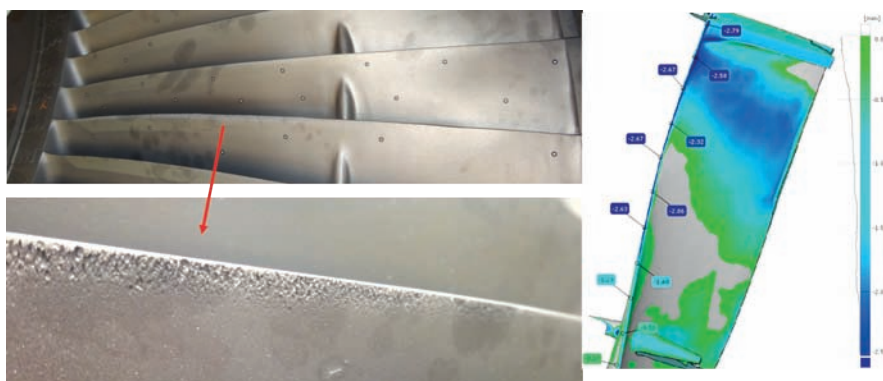
Rys. 5. Okresowy wzrost różnicy temperatur pomiędzy temperaturą wody zasilającej a temperaturą ścianki płaszczu walczaka
Źródło: opracowanie własne



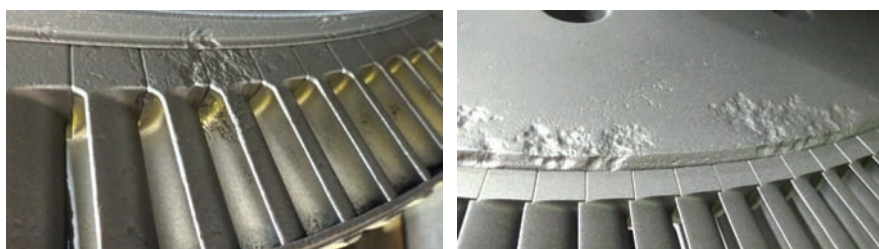
Rys. 6. Pęknięcia krawędzi otworu w komorze wylotowej przegrzewacza pary świeżej jako rezultat zwiększonej liczby i prędkości uruchomień bloku ze stanu gorącego
Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Szlakowanie rur ekranowych jako rezultat spalania biomasy oraz pracy kotła z licznymi uruchomieniami i obniżonym minimum technicznym



Rys. 8. Wpływ pracy turbiny z obniżoną mocą na intensyfikację erozji łopatek ostatniego stopnia NP turbiny



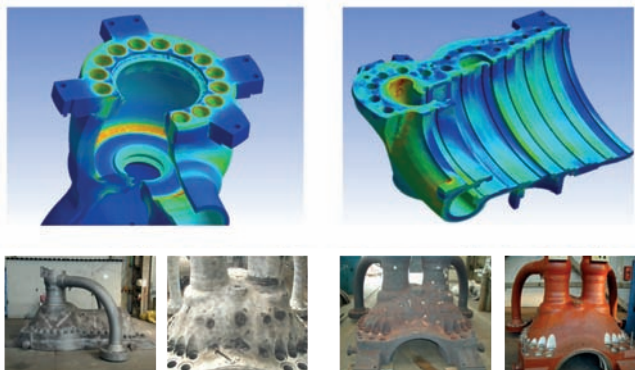
Rys. 9. Korozja postojowa zidentyfikowana na tarczach wirnikowych jako rezultat nieskutecznego zabezpieczenia układu przepływowego turbiny podczas postojów dłuższych niż 20 dni

Elektrownie/grupy energetyczne oraz niektóre firmy zajmujące się nowoczesnym utrzymaniem stanu technicznego urządzeń energetycznych [1-5] rozpoczęły parę lat temu prace nad niskokosztowymi sposobami ich modernizacji/dostosowania bloków klasy 200 MW i 360 MW do pracy elastycznej. Wykonano także sporo testów przemysłowych, które wskazują, że takie podejście jest realistyczne.

Przedłużanie eksploatacji bloków klasy 200 MW ponad trwałość projektową

Z technicznego punktu widzenia bezpieczne przedłużanie czasu eksploatacji urządzeń pracujących ponad trwałość projektową jest możliwe, jeśli uwzględnia się w odpowiedni sposób następujące zagadnienia:

- określenie zapasu indywidualnej trwałości elementu w perspektywie oczekiwanej eksploatacji bloku (na podstawie badań NDT i DT przyjęto ok. 350 000 godzin) [13],
- bieżące weryfikowanie stopnia redukcji zapasu trwałości, uwzględniając zwłaszcza analizę awaryjności oraz rzeczywiste warunki eksploatacji.
- technologie przedłużające trwałość poprzez:
 - regenerację tj. naprawę uszkodzeń połączoną z przywróceniem pierwotnej geometrii oraz poprawą własności w obszarach narażonych na lokalne uszkodzenia/erozję,
 - rewitalizację – proces polegający na przywróceniu początkowych własności materiału na drodze obróbki cieplnej usuwającej skutki degradacji mikrostruktury [11-12],
- działania mające na celu usunięcie naprężeń dodatkowych zwłaszcza głównych rurociągów parowych poprzez korektę ich trasy oraz modernizację/regulację zamocowań [8-10].



Rys.10. Rewitalizacja stalowych elementów turbin – dotychczasowe doświadczenia wskazują, że może wydłużyć trwałość co najmniej o 150 000 godzin

Uwzględniając fakt, że problem ten dotyczy ponad 40-tu bloków klasy 200 MW oraz 16 bloków klasy 360 MW *Pro Novum*, przy współpracy ze specjalistami wszystkich elektrowni wyposażonych w obydwa rodzaje bloków, opracowało metodykę przedłużania czasu ich eksploatacji w formie „Wytycznych..” [9-11].

Ważną częścią tego działania było wykonanie badań elementów krytycznych bloków 200 MW (wirników WP i SP, kadłubów i komór zaworowych turbin oraz kolan rurociągów pary świeżej i wtórnie przegrzanej) wycofanych z eksploatacji po przekroczeniu 250 000 godzin pracy [8].

W metodyce opisanej w „Wytycznych...” [14-16] przyjęto, że:

- 1) po przekroczeniu trwałości projektowej element może pracować wykorzystując swoją trwałość indywidualną;

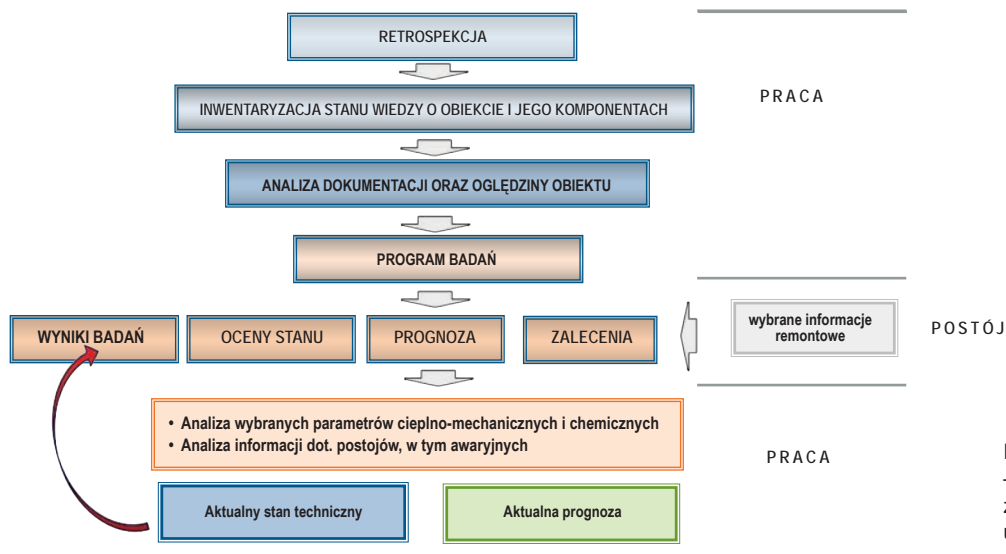
Uwagi:

- poprawnie wykonane naprawy/regeneracje, a zwłaszcza rewitalizacje mogą przywrócić „pierwotną trwałość projektową”, a działania usuwające naprężenia dodatkowe, np. na rurociągach mogą zatrzymać lub znacznie ograniczyć postęp SWT,
 - SWT, którego obrazem są fizyczne uszkodzenia, np. pustki pęzaniowe, wyklucza eksploatację elementu w czasie do ok. 20 tys. godzin pracy, zwłaszcza dlatego, że materiału w tym stanie degradacji struktury i własności nie da się ani rewitalizować, ani naprawić przez spawanie;
- 2) zapas trwałości indywidualnej określa się uwzględniając indywidualne cechy elementu:
 - geometrię,
 - własności materiału,
 - warunki pracy;
 - 3) zapas trwałości konfrontuje się z oczekiwanym czasem i warunkami pracy;
 - 4) bieżący ubytek trwałości monitorowany jest przy wykorzystaniu:
 - okresowych badań,
 - monitorowania warunków pracy,
 - analizy awaryjności.

Zakres diagnostyki określa się indywidualnie na podstawie retrospekcji. Sama diagnostyka natomiast to proces ściśle powiązany z eksploatacją urządzenia (rys. 11). Zakres naprawy, sposób wydłużenia żywotności (np. poprzez rewitalizację) określa się na podstawie oceny stanu technicznego. W okresie przedłużonej eksploatacji nad urządzeniem sprawuje się nadzór diagnostyczny, na ogół w zdalny sposób, którego celem jest aktualizowanie diagnozy, weryfikowanie prognozy trwałości oraz formułowanie odpowiednich, adekwatnych do potrzeb, zaleceń profilaktycznych.

Istotnymi elementami metodyki *Pro Novum* są badania materiałowe, w tym:

- badania specjalne niszczące – umożliwiające określenie wybranych własności wytrzymałościowych poprzez pobranie odpowiednich wycinków z miejsc najbardziej wytężonych; ubytek materiału po wycinku nie powinien wymagać naprawy poprzez spawanie;
- badania specjalne nieniszczące – pozwalające na pośrednie określenie stanu (własności) metalu na podstawie badań metalograficznych z zastosowaniem odpowiedniej preparatyki;
- badania reprezentatywnych elementów wycofanych z eksploatacji, których wyniki służą m.in. do:
 - weryfikacji diagnoz i prognoz,
 - korekcji prawdopodobieństwa uszkodzenia,
 - interpretacji wyników badań podstawowych i specjalnych, w tym na mikropróbkach.



Rys. 11. Metodyka *Pro Novum* – diagnostyka jako proces zintegrowany z eksploatacją urządzenia
Źródło: opracowanie własne

LM System PRO+® – system diagnostyczny do nadzoru bloków eksploatowanych w trybie regulacyjnym

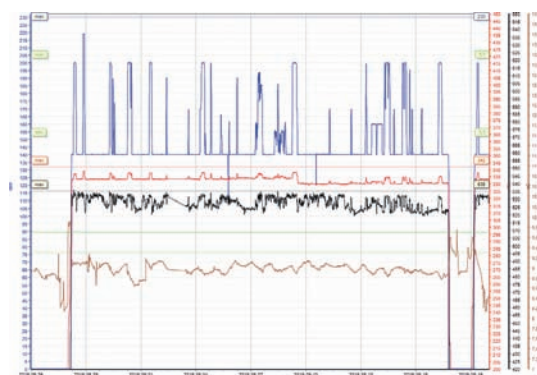
Metodyka *Pro Novum* wymaga rejestracji i przetwarzania dużej ilości informacji, także udostępnianych w trybie on-line, dlatego zaimplementowano ją na platformie informatycznej LM System PRO+®. LM System PRO+® jest rozwijany od 2004 roku [17-21], (rys. 12). Platforma informatyczna składa się z pakietów funkcjonalnych i modułów, zbudowana została w taki sposób, by wspierać zarządzanie wiedzą o stanie technicznym urządzeń przed i w czasie ich modernizacji, a także w okresie wydłużonej eksploatacji. Obecnie oferowana jest najbardziej zaawansowana wersja 3.0. Podjęto prace nad wersją 4.0, m.in. wyposażoną w algorytmy zaawansowanej analityki data mining oraz maszynowego uczenia.

System w aktualnej wersji pozwala monitorować większość negatywnych zjawisk pracy regulacyjnej, jeśli chodzi o ich wpływ na trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych bloków, m.in. na automatyczną, bieżącą analizę:

- warunków pracy w zakresie parametrów:
 - ciepłno-mechanicznych,
 - chemicznych,
 - warunków uruchamiania i odstawiania bloków;
 - powiązania wpływu czynników ciepłno-mechanicznych oraz chemicznych;
 - statystyk awaryjności.
- System będzie wyznaczał wskaźnik charakteryzujący pracę regulacyjną (index of flexible operation – IFO), uwzględniając:
- liczbę, rodzaj i prędkość uruchomień,
 - liczbę, rodzaj i czas trwania postojów,
 - liczbę podjazdów i zjazdów mocy,
 - prędkość zmian mocy,
 - czas pracy bloku z mocą większą od znamionowej,
 - czas pracy bloku z mocą mniejszą od minimum technicznego,
 - zmiany wartości wybranych parametrów ciepłno-mechanicznych i chemicznych synchronicznie do zmian mocy (rys. 13).



Rys.12. Ewolucja systemu diagnostycznego, od „Wytycznych przedłużania eksploatacji..” do Portalu Bloki PRO [26]



Rys. 13. Przykład monitorowania warunków pracy bloku w celu wyznaczenia indexu intensywności pracy regulacyjnej IFO [23-25]
Źródło: opracowanie własne



Rys. 14. Korzyści związane z koncepcją bloków referencyjnych oraz niereferencyjnych – kreowanie wiedzy wysokiej jakości przy znaczącej redukcji kosztów na utrzymanie stanu technicznego



Rys. 15. Technologia Digital Twins numerycznego modelowania geometrii elementów i procesów jest istotną częścią diagnostyki wykorzystującej koncepcję bloków referencyjnych zarówno w zakresie obliczeń on-line rozkładów naprężeń i temperatur jak również symulacji

Wartość IFO może być przydatna do optymalizowania zależności pomiędzy głębokością regulacji, dyspozycyjnością bloku, kosztów maintenance'u oraz ceną energii/wielkością produkcji. To ważna wiedza zarówno dla producenta energii, jak i operatora KSE, dysponenta bloków o statusie JWCD.

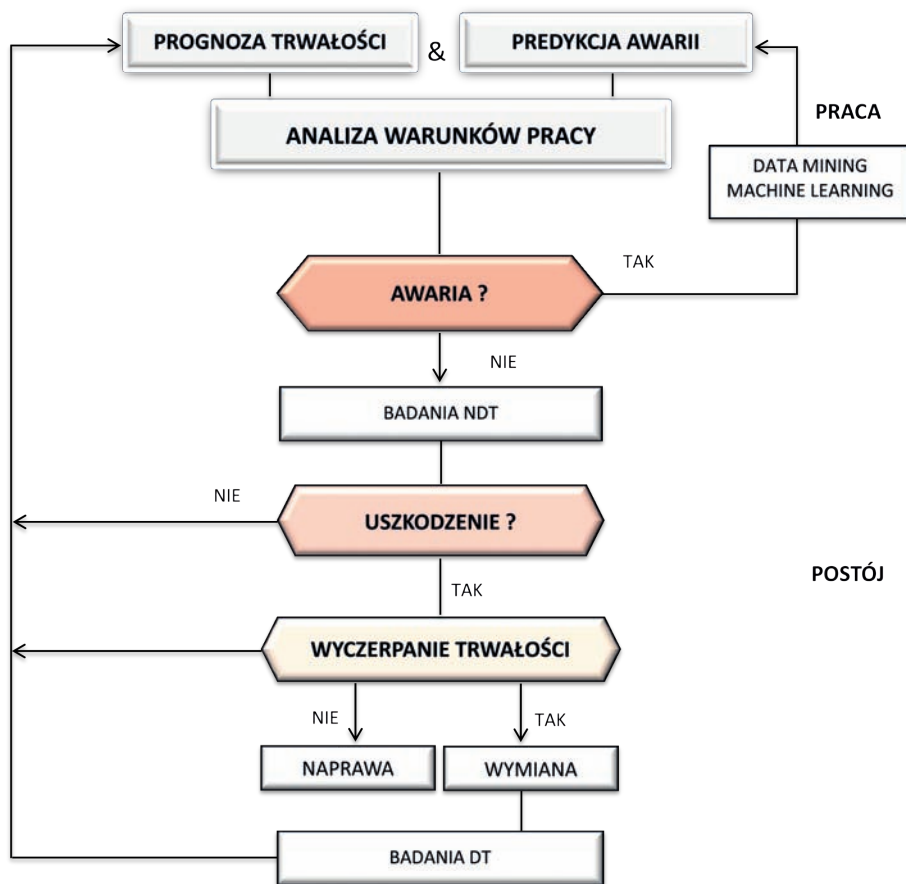
LM System PRO+® w wersji 4.0 zostanie wyposażony w technologię bloków referencyjnych [14] oraz digital twin, co pozwoli odpowiednio:

- uwzględnić różnice konstrukcyjne oraz posiadany zakres wiedzy o stanie technicznym bloków w skali elektrowni, grupy elektrowni i KSE (rys. 14,16,17),

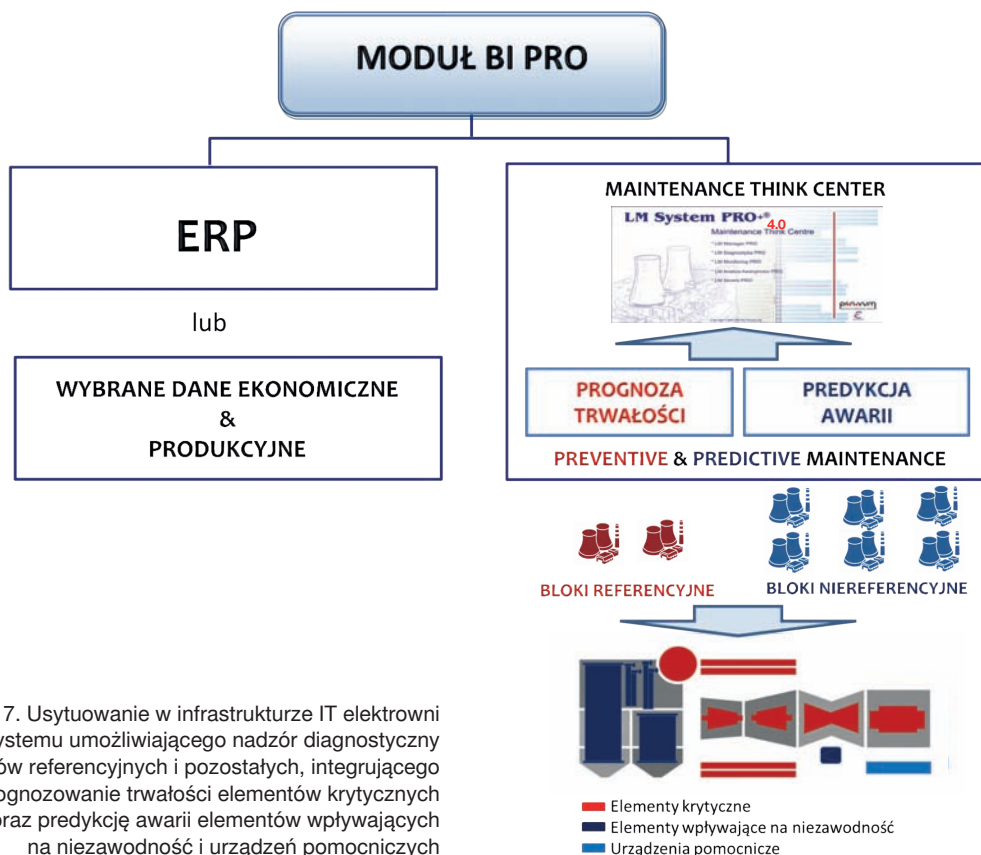
- określać rozkłady temperatur oraz naprężeń/odkształceń/przemieszczeń, w tym ich wartości dopuszczalne w trybie on-line oraz symulacji (rys. 15).

Technologie jw. skojarzone z możliwościami portalu Portal Bloki PRO® [25] zapewnią wysoki poziom aktualnej wiedzy o stanie technicznym wszystkich bloków przy zoptymalizowanych kosztach.

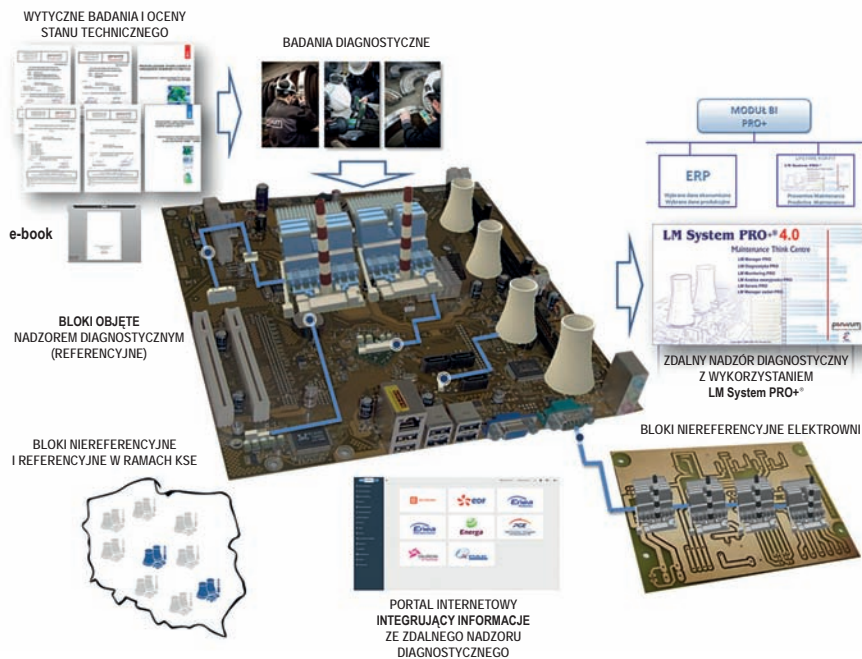
Na rysunku 18 przedstawiono schematycznie kompletny system diagnostyczny dla bloków 200 MW, zwłaszcza dla tych z nich, które będą eksploatowane w trybie głębokiej regulacji z uwzględnieniem bezpiecznego przedłużenia eksploatacji elementów krytycznych (grubościennych) bez ich wymiany.



Rys.16. Integracja prognozowania trwałości i predykcji uszkodzeń uwzględniająca odpowiednie podejście do analizy awarii, okresowych badań NDT oraz badań niszczących elementów wycofanych z eksploatacji



Rys.17. Usytuowanie w infrastrukturze IT elektrowni systemu umożliwiającego nadzór diagnostyczny bloków referencyjnych i pozostałych, integrującego prognozowanie trwałości elementów krytycznych oraz predykcję awarii elementów wpływających na niezawodność i urządzeń pomocniczych



Rys. 18. Platforma informatyczna LM System PRO+® integrująca „Wytyczne przedłużania eksploatacji..” wyniki badań, informacje na temat historii i warunków eksploatacji bloków wraz z portalem internetowym integrującym użytkowników bloków 200 MW i generującym okresowe raporty

Źródło: opracowanie własne

Platforma informatyczna LM System PRO+® według standardów opisanych w „Wytycznych przedłużania eksploatacji..” integruje wyniki badań, oceny stanu technicznego i prognozy trwałości oraz informacje na temat historii i warunków eksploatacji.

System generuje wysokiej jakości bazy informacji i wiedzy pozwalając na integrację podejścia lifetime opartego na prognozach trwałości (żywności) z podejściem predykcyjnym pozwalającym na przewidywanie awarii, zwłaszcza w obszarze elementów wpływających na niezawodność (np. elementów powierzchni ogrzewalnych oraz urządzeń pomocniczych), (rys. 16-17).

Podsumowanie i wnioski

1. Ciągłe rosnąca liczba niestabilnych źródeł w KSE sprawia, że elastyczne reagowanie na chwilowe potrzeby systemu elektroenergetycznego to podstawowe wyzwanie w dającej się przewidzieć przyszłości. Elastyczność systemu należy rozpatrywać i kreować na wszystkich jego poziomach. Elastyczne źródło energii to jeden z poziomów regulacji.
2. Bloki klasy 200 MW mogą być wykorzystane jako jeszcze bardziej elastyczne niż dotąd źródła stabilizacji KSE, mimo że nie były projektowane do takiej pracy, ponadto zostały wyposażone w kotły z naturalnym obiegiem czynnika.
3. Główne atuty bloków klasy 200 MW to: duża ich liczba – 48 sztuk i stąd znaczący udział w mocy o statusie JWCD (ponad 40%), mała moc jednostkowa o względnie dużym zakresie regulacji (ok. 50% mocy znamionowej), dobry stan techniczny, niskie koszty zwiększenia elastyczności w rozsądnych granicach oraz względnie niskie koszty utrzymania stanu technicznego.

4. O czasie i warunkach dalszej eksploatacji bloków klasy 200 MW będzie w największym stopniu decydować:
 - a) bezpieczeństwo eksploatacji,
 - b) wysoka dyspozycyjność,
 - c) stopień i sposób dostosowania do wymagań środowiskowych.
5. Zapewnienie bezpieczeństwa i wysokiej dyspozycyjności będzie uzależnione od ekonomicznych efektów pracy bloków. W tym celu należy, w odpowiedni sposób, powiązać wolumen i wartość produkcji z warunkami pracy, jakich wymaga Operator.
6. Opracowanie uniwersalnego podejścia do zwiększania elastyczności bloków klasy 200 MW wymagać będzie uwzględnienia licznych i istotnych różnic konstrukcyjnych powstałych zarówno w okresie budowy jak również w trakcie ich kolejnych modernizacji. Dotyczy to zarówno elementów krytycznych, jak również wpływających na niezawodność (zwłaszcza powierzchni ogrzewalnych, urządzeń pomocniczych oraz układów AKPiA).
7. Wyniki badań elementów krytycznych wycofanych z eksploatacji po przepracowaniu ok. 250 tys. godzin oraz wyniki badań diagnostycznych elementów, których czas pracy zbliża się do 300 tys. godzin wskazują, że indywidualny zapas trwałości jest wystarczający do przepracowania co najmniej 350 tys. godzin bez wymiany. Niektóre elementy, zwłaszcza stalowe elementy turbin, mogą wymagać rewitalizacji, jeśli dotąd nie została wykonana w ogóle lub w sposób zapewniający wymaganą trwałość. Kompleksowego przeglądu i oceny stanu technicznego wymagać będą instalacje rurociągowe parowe oraz wody zasilającej, zwłaszcza pod kątem prawidłowości ich trasy oraz stanu zamocowań.

8. Elastyczny tryb pracy, w szczególności zwiększenie prędkości i liczby uruchomień oraz naboru mocy, będzie wymagał wdrożenia odpowiedniego systemu diagnostycznego, który umożliwi w sposób zdalny monitorowanie bieżącego stanu technicznego, a zwłaszcza indywidualnego zapasu trwałości elementów krytycznych oraz przewidywanie czasu do awarii elementów wpływających na niezawodność, w tym elementów powierzchni ogrzewalnych kotła oraz urządzeń pomocniczych.
9. Należy mieć na uwadze, że:
- skutki elastycznej pracy bloków oraz związanych z tym modernizacji ujawniać się będą w dłuższym czasie, tylko ewidentne błędy konstrukcyjne, technologiczne i montażowe będą ujawniać się względnie szybko;
 - teoretyczne obliczenia wyczerpania trwałości będą miały tylko szacunkowy, przybliżony charakter;
 - odpowiednio wykonywane badania diagnostyczne, a zwłaszcza towarzyszące analizie awaryjności oraz w skali większej liczby bloków (najlepiej w skali KSE), będą źródłem najbardziej użytecznych informacji.
10. W niniejszym artykule opisano kompletny system diagnostyczny, który oparty na standardach badania i oceny stanu technicznego sprawdzonych w różnym stopniu podczas badań ponad 30-tu bloków 200 MW, został zaimplementowany na kilkunastu blokach w formie platformy informatycznej LM System PRO+[®]. Zakłada się, że informacje dotyczące bezpieczeństwa i dyspozycyjności w relacji do warunków pracy zostaną zintegrowane przy pomocy Portalu Bloki PRO[®], co pozwoli na budowanie wspólnej wiedzy i doświadczenia użytkowników 34 bloków.
11. Zaplanowano modernizację platformy informatycznej LM System PRO+[®] w celu wyposażenia jej w pakiet funkcjonalny Diagnostyka PRO+ zawierający m.in. moduły zaawansowanej analityki wykorzystującej metody data mining i machine learning oraz digital twins, co stworzy warunki do uzyskania korzyści, na jakie pozwala koncepcja bloków referencyjnych.
12. Połączenie możliwości LM System PRO+[®] ver.4.0 oraz Portalu Bloki PRO[®] stworzy warunki do integracji podejścia wykorzystującego prognozowanie trwałości z predykcją awarii w taki sposób, że prognozowanie trwałości będzie wspierać diagnostykę elementów krytycznych (grubościennych), zwłaszcza na blokach referencyjnych, natomiast predykcja awarii będzie służyć głównie do przewidywania nieplanowanych postojów spowodowanych przez uszkodzenia elementów wpływających na niezawodność (zwłaszcza elementów powierzchni ogrzewalnych) oraz urządzeń pomocniczych.
13. Połączenie diagnostyki integrującej prognozowanie trwałości oraz predykcję awarii z wykorzystaniem bloków referencyjnych to podejście zapewniające zachowanie najwyższych standardów diagnostyki przy niskich kosztach jej wykonywania. To korzyść w skali elektrowni, grupy elektrowni oraz KSE. Dla bloków klasy 200 MW oraz 360 MW to optymalne podejście zapewniające bezpieczne, z wysoką dyspozycyjnością, wydłużenie czasu eksploatacji w warunkach pracy regulacyjnej.
- [1] Trzeszczyński J.: *Diagnostyka 4.0 wspierająca przedłużanie eksploatacji bloków 100 MW – 360 MW*. „Dozór Techniczny” 2017, nr 4.
- [2] *Piston Power – For flexible generation and high efficiency in the renewables era*. „Modern Power Systems”. November 2017.
- [3] Trzeszczyński J.: *Aktualny stan techniczny oraz możliwości dalszej eksploatacji konwencjonalnych źródeł wytwórczych*. Monografia II Kongresu Elektryki Polskiej, tom II, grudzień 2014 – wrzesień 2016.
- [4] Trzeszczyński J.: *Doświadczenia i zamierzenia Pro Novum związane z przystosowaniem długo eksploatowanego majątku produkcyjnego elektrowni w Polsce do pracy w perspektywie do 2030 roku*. „Dozór Techniczny” 2016, nr 1.
- [5] Trzeszczyński J., Dąbrowski M.: *Śląskie Forum Energii – dlaczego jeszcze jeden think-thank?* „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2016, nr 4.
- [6] Rajca S., Grzesiczek E.: *Uszkodzenia turbozespołów powodowane pracą regulacyjną oraz długotrwałymi postojami*. „Energetyka” 2016, nr 12.
- [7] Gawron P.: *Działania ograniczające wpływ pracy regulacyjnej oraz postojów na uszkodzenia korozyjne elementów obiegów wodno-parowych bloków energetycznych*. XVIII Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe Pro Novum „Diagnostyka i Remonty Urządzeń Ciepłno-Mechanicznych Elektrowni”. Hotel Qubus, Katowice, 6-7 października 2016.
- [8] Brunne' W.: *Usuwanie źródeł naprężeń w elementach krytycznych rurociągów poprzez zmiany konstrukcyjne*. „Energetyka” 2016, nr 6.
- [9] Brunné W.: *Wpływ trasy rurociągów na ich bezpieczną eksploatację*. „Energetyka” 2007, nr 6/7.
- [10] Brunné W.: *Propozycje zmian zamocowań rurociągów wysokoprężnych kotłów OP-650*. „Energetyka” 1997, nr 9.
- [11] Grzesiczek E., Trzeszczyński J., Rajca S.: *Możliwości wydłużania czasu eksploatacji elementów części przepływowych turbin parowych*. „Energetyka” 2003, nr 12.
- [12] Grzesiczek E., Rajca S.: *Rewitalizacja stalowych elementów turbin parowych – technologia bez mankamentów*. „Energetyka” 2012, nr 12.
- [13] 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.
- [14] PN/20.2900/2013: *Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-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. Niepublikowane.
- [15] PN/30.2910/2013: *Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW. Część I. Założenia ogólne. Część II. Diagnostyka elementów krytycznych turbin i generatorów*. Pro Novum. Katowice, luty 2013. Niepublikowane.
- [16] PN/045.3360/2016: *Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 100-360 MW*. Pro Novum. Katowice 2016. Niepublikowane.

- [17] Trzeszczyński J., Murzynowski W., Białek S.: *Monitorowanie stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków energetycznych przy wykorzystaniu platformy informatycznej LM System PRO+®*. „Dozór Techniczny” 2011, nr 5.
- [18] Trzeszczyński 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.
- [19] Trzeszczyński J.: *System diagnostyczny zapewniający bezpieczną pracę bloków 200 MW eksploatowanych po przekroczeniu 300 000 godzin*. „Dozór Techniczny” 2012, nr 2.
- [20] Technical-Scientific Report. *Availability of Power Plants 2007-2016*. VGB-TW 103Ve (2017).
- [21] Murzynowski W., Trzeszczyński J.: *Dotychczasowe doświadczenia związane z wykonywaniem zdalnej diagnostyki oraz kierunki rozwoju platformy informatycznej LM System PRO+®*. „Energetyka” 2017, nr 12.
- [22] Aydt J., Lehougre J-F., Ultich R., Prost S.: *VGB-database supports performance analysis*. „VGB PowerTech” 2017, nr 9.
- [23] Trzeszczyński 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.
- [24] Trzeszczyński J., Stanek R., Rajca S., Staszalek K., Sobczyszyn A.: *Diagnostics of Long Time Operated Power Units Planned for Flexible Operation*. VGB Workshop „Materials and Quality Assurance”. 18-19 May 2017 in Maria Enzersdorf/Austria.
- [25] Trzeszczyński J., Sobczyszyn A., Staszalek K., Stanek R., Stawomir R.: *Diagnostyka długo eksploatowanych bloków energetycznych przeznaczonych do pracy regulacyjnej*. „Energetyka” 2017, nr 1.
- [26] Stanek R., Trzeszczyński J., Dąbrowski M.: *Diagnostyka jednego typu urządzeń w skali KSE z wykorzystaniem portalu internetowego integrującego informacje eksploatacyjne*. „Energetyka” 2017, nr 12.

Radostaw Stanek, Jerzy Trzeszczyński, Marcin Dąbrowski
Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o.

Diagnostyka jednego typu urządzeń w skali KSE z wykorzystaniem portalu internetowego integrującego informacje eksploatacyjne

Diagnosics of one type of power equipment in the national power system scale using IT portal integrating operation information

Doświadczenia eksploatacyjne Użytkowników urządzeń jednego typu, lub bardzo do siebie podobnych, to wiedza często ważniejsza niż wyniki badań. Mówią one nie tylko o problemach potencjalnych, ale głównie rzeczywistych oraz o sposobach ich rozwiązywania.

Bezpieczną pracę i dyspozycyjność – nie mniejszą niż urządzeń nowych – dla długo eksploatowanych urządzeń wyposażonych w elementy krytyczne, których czas pracy może osiągnąć 350 000 godzin, trudno wyobrazić sobie bez wymiany informacji, wiedzy i doświadczeń. Elastyczna praca, zwłaszcza jednostek o statusie JWCD, to dodatkowe wyzwanie oraz jeszcze jedna potrzeba powiększania praktycznej wiedzy na temat ich dyspozycyjności.

Statystyka uszkodzeń dla elementów pracujących poniżej temperatury granicznej (pełzania) to często jedyna przesłanka do prognozowania ich trwałości/predykcji awarii [1]. Dla pozostałych elementów to także szansa na zapewnienie bezpieczeństwa przy możliwie najniższych kosztach badań. Na ogół taką wiedzę zapewniają dostawcy urządzeń. Dla bloków 200 MW tę „lukę” może zastąpić wspólna inicjatywa Użytkowników wspierana przez firmę diagnostyczną o odpowiednim doświadczeniu i kompetencjach.

Bez wymiany wiedzy i doświadczeń w szczególności dotyczącej statystyki awarii i uszkodzeń trudno wyobrazić sobie bezpieczną pracę i wysoką dyspozycyjność urządzeń przy możliwie niskich na-

kładach na utrzymanie. To główny powód udostępnienia portalu internetowego www.portalblokipro.pl użytkownikom bloków 200 MW, zwłaszcza specjalistom wydziałów zarządzania majątkiem z elektryczności i centrów zarządzania majątkiem grup energetycznych.

W jakie możliwości wyposażyliśmy portal?

Portal internetowy to, w pierwszym rzędzie, miejsce kreowania wiedzy, w skali wszystkich użytkowników bloków klasy 200 MW Krajowego Systemu Energetycznego, na temat aktualnego stanu technicznego, zwłaszcza na podstawie analizy awaryjności w relacji do warunków pracy. Portal to także miejsce wymiany doświadczeń, bez których trudno wyobrazić sobie bezpieczną, z dużą dyspozycyjnością eksploatację długo eksploatowanych bloków energetycznych oraz serwis internetowy oferujący usługi dla zarejestrowanych Użytkowników, takie jak:

- zamieszczanie wiadomości,
- wewnętrzną komunikację,
- grupy dyskusyjne w formie forum oraz bloga,
- możliwość wprowadzania oraz przeglądania informacji, zwłaszcza w postaci odpowiednich zestawień i raportów.

Portale są na ogół swego rodzaju bramą do Internetu, tj. miejscem zapewniającym szybki dostęp do informacyjnych zasobów na określony temat. Portal Bloki PRO® nie różni się istotnie od tego rodzaju aplikacji. Zapewnia komfort przy korzystaniu z jego zasobów, zwłaszcza przez intuicyjną obsługę oraz przyjazny design.

Obecnie powstają portale zarówno o szerokim spektrum informacyjnym, jak również ich wersje dedykowane do zastosowań specjalistycznych, skierowanych do konkretnych grup odbiorców. Nasz portal należy zdecydowanie do tej drugiej kategorii udostępniania swoich zasobów.

Portal Bloki PRO® to specjalizowane narzędzie dla wąskiego grona użytkowników o ściśle zdefiniowanych potrzebach. To swego rodzaju narzędzie diagnostyczne dla specjalistów

utrzymania majątku oczekujących zaawansowanego wsparcia w zakresie bezpieczeństwa i dyspozycyjności urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW, zwłaszcza eksploatowanych w nietypowych warunkach.

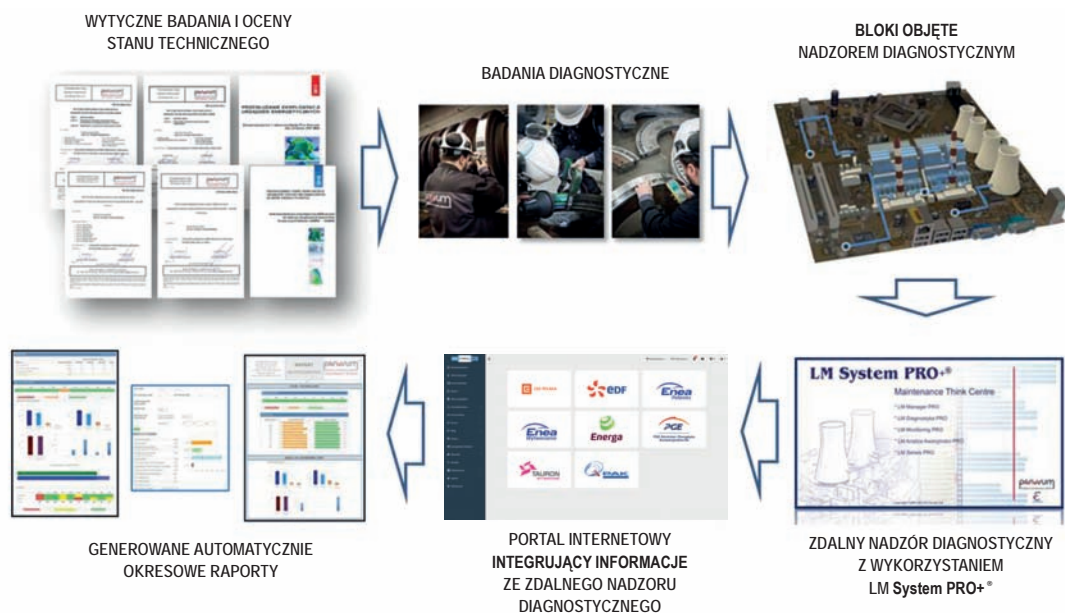
Portal jako zaawansowane narzędzie diagnostyczne

Portal integruje diagnostykę postojową i eksploatacyjną w sposób pozwalający na bieżącą aktualizację oceny stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych oraz weryfikację prognozy ich trwałości. Stanowi silne narzędzie wspierające coraz mniejszą liczbę inżynierów zajmujących się utrzymaniem stanu technicznego swoich urządzeń produkcyjnych, dodatkowo w warunkach ciągłej transformacji energetyki.

Udostępnia użyteczną dla utrzymania technicznego bloków 200 MW wiedzę będącą rezultatem najbardziej zaawansowanej wersji diagnostyki [1]. Stanowi ważny, integrujący, komponent systemu diagnostycznego dla bloków klasy 100 MW, 200 MW i 360 MW (rys. 1).

Bezpieczeństwo

Kluczową sprawą w dzisiejszym świecie informatyki jest bezpieczeństwo danych/informacji zamieszczanych w sieci. Zabezpieczenie infrastruktury sieciowej, serwerowej i systemowej było dla nas największym wyzwaniem, ale udało się w pełni osiągnąć zamierzony cel. Dostęp do portalu odbywa się z wykorzystaniem protokołu HTTPS (SSL/TLS), który zapewnia szyfrowanie całej transmisji przekazywanej przez sieć Internet. Serwer Portalu posiada certyfikat klucza publicznego (SSL), który umożliwia przeglądarce internetowej stwierdzenie jego tożsamości. Serwery, na których funkcjonuje oprogramowanie portalu, są zabezpieczone odpowiednim firewallem oraz dodatkowo



Rys. 1. Kompletny system diagnostyczny dla bloków 200 MW z wykorzystaniem portalu internetowego

rozwiązaniami klasy IDS (Intrusion Detection System) oraz IPS (Intrusion Prevention System) wspierającymi wykrywanie oraz blokowanie ataków, a tym samym minimalizującymi szanse przeprowadzenia udanego ataku. Ponadto infrastruktura sieciowa, serwerowa i systemowa jest stale monitorowana pod kątem bezpieczeństwa przez niezależną firmę, która jest odpowiedzialna za utrzymywanie systemu bezpieczeństwa w stanie odpowiedniej aktualności i gotowości, a także za wykrywanie i blokowanie ataków w obszarach, w których nie wystarczą systemy IDS/IPS. Oprogramowanie dodatkowo chronione jest przez podsystem WAF (Web Application Firewall), który niezależnie od oprogramowania portalu potrafi zabezpieczyć aplikacje webowe przed atakami.

Portal internetowy www.portalblokipro.pl jako możliwość wymiany wiedzy i doświadczeń

Głównym celem powstania portalu było stworzenie możliwości ciągłej wymiany informacji/wiedzy pomiędzy użytkownikami bloków klasy 200 MW, w szczególności tych, którzy planują ich eksploatację ponad 300 000 godzin. Skierowany jest do wszystkich Grup Energetycznych w Polsce posiadających elektrycznie wyposażone w bloki 200 MW (rys. 2).



Rys. 2. Grupy energetyczne zaangażowane w tworzenie zawartości portalu

Informacje w portalu można podzielić na dwie części:

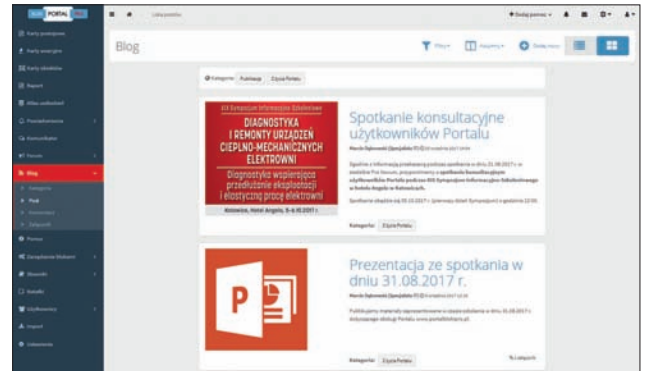
- część informacyjno-komunikacyjna,
- część specjalistyczna.

Część informacyjno-komunikacyjna portalu służy do wymiany poglądów, opinii, informacji itp. pomiędzy Użytkownikami. Mając kilka opcji do wyboru Użytkownik może w pełni wykorzystać wszystkie dostępne narzędzia/funkcje. takie jak:

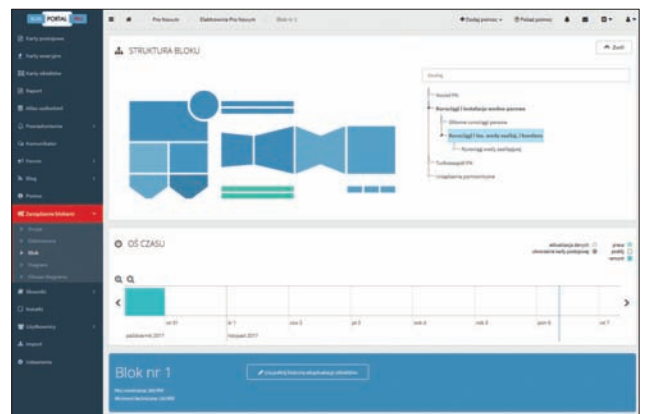
- Komunikator** – działa na zasadzie autonomicznej wewnętrznej poczty pomiędzy Użytkownikami portalu,
- Forum** – organizuje grupy dyskusyjne w celu wymiany informacji i opinii pomiędzy Użytkownikami portalu; Forum ma charakter wielotematyczny, pozwala na poruszanie wielu tematów podzielonych na kategorie, np. dotyczące wyników badań, ocen stanu technicznego, prognozowania trwałości, remontów itp.,
- Blog** – miejsce publikowania artykułów/opracowań, do których można dołączać własne komentarze (rys. 3).

Część specjalistyczna przewidziana jest do wymiany informacji na temat bieżących problemów eksploatacyjnych i/lub nieprawidłowości wykrywanych podczas postojów bloków/urządzeń.

W tej części Użytkownik wprowadza dane na temat nieprawidłowości jw. oraz przegląda je w formie ogólnej statystyki – dla wszystkich skonfigurowanych bloków – raport ogólny, jak i w bardziej szczegółowej – wyłącznie dla bloków zalogowanego Użytkownika – raport własny. W portalu udostępniono dwa rodzaje interfejsów po nawigacji po obiekcie: interfejs symboliczny – hierarchiczny oraz interfejs bezpośredni – wyszukanie obiektu według nazwy.



Rys. 3. Blog – miejsce publikowania oraz komentowania artykułów/publikacji



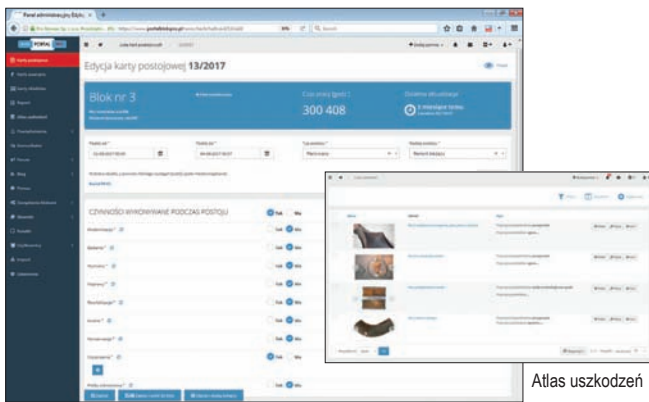
Rys. 4. Interfejsy służące do nawigacji po obiekcie

Dla każdego bloku 200 MW w Polsce zostały przygotowane modele, które zawierają ich elementy krytyczne, według kryteriów przedstawionych w „Wytycznych przedłużenia czasu eksploatacji urządzeń ciepło – mechanicznych bloków 200 MW”. Dodatkowo, na prośbę Użytkowników, modele obiektów zostały rozszerzone o powierzchnie ogrzewalne kotłów oraz urządzenia pomocnicze bloku, kotła i turbozespołu.

Interfejs oddaje do dyspozycji Użytkownikowi kilka funkcji, w tym zwłaszcza wprowadzanie wybranych danych o historii pracy i stanie technicznym elementów krytycznych poszczególnych bloków. Interfejs integruje nawigację po obiekcie oraz po procesie eksploatacji bloku (praca „stacjonarna”, postój).

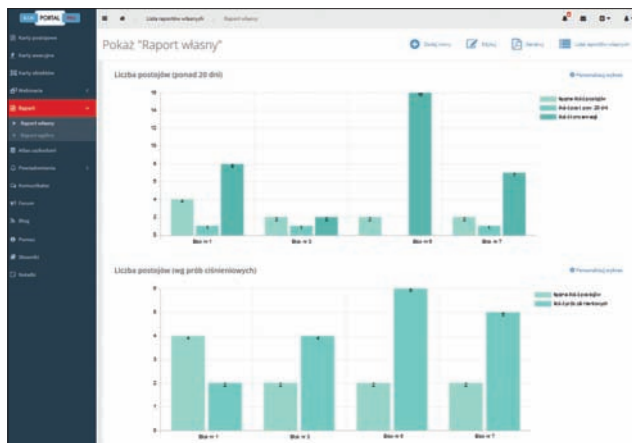
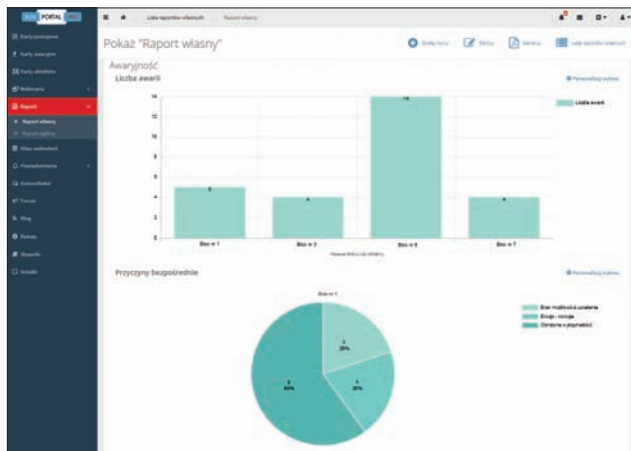
Za pomocą interfejsu Użytkownik ma możliwość (rys. 5):

- wprowadzenia danych początkowych, m.in. informacji składających się na historię eksploatacji,
- aktualizacji danych (np. raz kwartał) dotyczących – historii eksploatacji, jw. – nieprawidłowości wykrytych podczas badań (postojów),
- przeglądania danych jw.



Atlas uszkodzeń

Rys. 5. Wprowadzanie danych do portalu



Rys. 6. Przykład jednego z systemowych raportów generowanych w trybie automatycznym

Na podstawie wprowadzonych informacji i danych – w części specjalistycznej portalu (Raport) udostępniana jest informacja oraz wiedza w formie statystycznej. W części ogólnej prezentowane są wybrane informacje pochodzące z wszystkich bloków/urządzeń skonfigurowanych w portalu jako aktywne.

W raporcie istnieje również możliwość przedstawienia statystyk dla wybranego obiektu. Użytkownik ma także możliwość prezentowania statystyk tylko dla wybranych, „własnych” bloków aktywnych w portalu. Pozwala to m.in. na kreowanie wiedzy dla elementów/węzłów konstrukcyjnych o identycznej konstrukcji co ma znaczenie w przypadku bloków w różny sposób zmodernizowanych.

Podsumowanie

Portal internetowy **www.portalblokpro.pl** jest dedykowanym serwisem technicznym stworzonym na dające się przewidzieć potrzeby użytkowników bloków klasy 200 MW, zwłaszcza o statusie JWCD. Zakładamy, że wiedza kreowana przez Portal okaże się użyteczna do prognozowania trwałości (żywności), optymalizowania warunków eksploatacji i strategii remontowych oraz przeprowadzania modernizacji w celu zapewnienia bezpieczeństwa oraz przedłużania czasu eksploatacji przy zachowaniu wysokiej dyspozycyjności. Portal jest wyposażony w program ekspercki wspierający zwłaszcza ocenę stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków w relacji do warunków ich pracy.

Korzyści z Portalu będą rosły w miarę czasu jego użytkowania. Dla zwiększenia jego funkcjonalności oraz podniesienia komfortu pracy zaplanowano jego rozwój w kierunku automatyzacji transferu szerszego spektrum danych oraz rozszerzenia możliwości analitycznych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Trzeszczyński J.: *Diagnostyka wspierająca elastyczną eksploatację bloków klasy 200 MW*. „Energetyka” 2017, nr 12.
- [2] Zespół pod kierunkiem dra inż. Jerzego Trzeszczyńskiego „*Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 100 MW – 360 MW*” Katowice, czerwiec 2016.
- [3] Zespół pod kierunkiem mgra inż. Jerzego Dobosiewicza „*Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW*”, Katowice 2012.
- [4] Trzeszczyński J., Murzynowski W.: *Diagnostyka on-line urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni*. IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Remonty i utrzymanie ruchu w energetyce”, Licheń, 28-29 listopada 2011.
- [5] Murzynowski W.: *System zarządzania wiedzą o stanie technicznym urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni*. XII Sympozjum Naukowo – Techniczne Energetyka Bełchatów 2011, Bełchatów, 6-8 września 2011.

Dotychczasowe doświadczenia związane z wykonywaniem zdalnej diagnostyki oraz kierunki rozwoju platformy informatycznej LM System PRO+®

Experiences related to remote diagnostics and development trends of IT platform LM System PRO+®

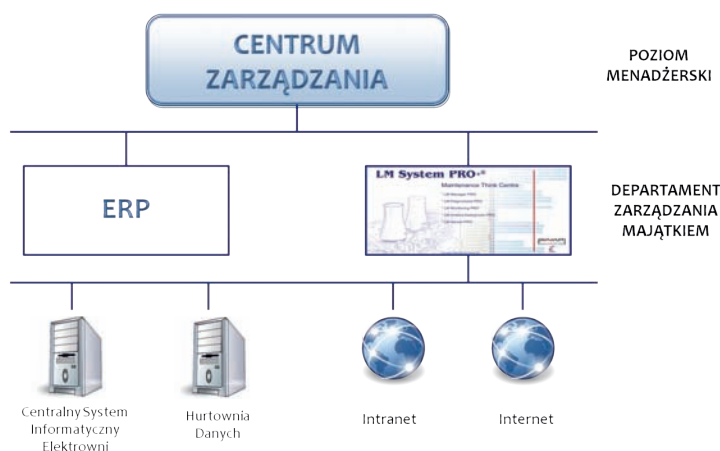
Zmiany w polskiej energetyce, zapoczątkowane w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, doprowadziły do uwolnienia elektrowni – w znacznym stopniu – od centralnej administracji. To sprawiło, że elektrownie zaczęły realizować indywidualną politykę w prawie wszystkich dziedzinach swojej działalności, a najbardziej ambitne także własne projekty rozwojowe. Dalsze zmiany (w tym zmiany w trybie pracy urządzeń energetycznych) doprowadziły do znacznej redukcji kosztów w obszarze utrzymania stanu technicznego urządzeń, a także zmian samych modeli utrzymania. Opisane powyżej zmiany zainspirowały *Pro Novum* ponad 10 lat temu – jako pierwszą firmę diagnostyczną w Polsce – do podjęcia prac nad stworzeniem systemu, który mógłby wspierać pracę specjalistów wydziałów zarządzania majątkiem. Powstała wtedy pierwsza wersja systemu – LM System PRO®, który z biegiem czasu przybrał formę platformy informatycznej LM System PRO+® – dziś już w wersji 3.0. Platforma informatyczna składa się z tzw. pakietów funkcjonalnych, które mogą być wdrażane u Klienta w różnych konfiguracjach. Taka elastyczność systemu umożliwiła uruchomienie w roku 2009 usługi zdalnego nadzoru diagnostycznego

w zakresie urządzeń ciepłno-mechanicznych i chemii energetycznej. Usługa ta realizowana jest za pośrednictwem pakietu funkcjonalnego LM Serwis PRO®.

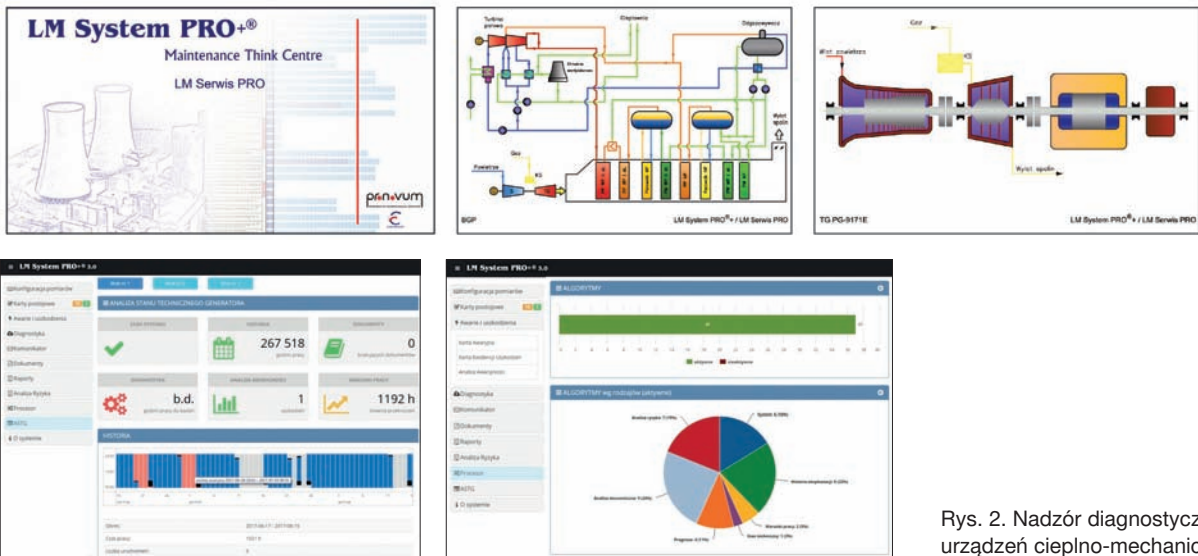
W artykule zaprezentowano doświadczenia *Pro Novum* z wykonywanych nadzorów diagnostycznych – zdalnej diagnostyki, w różnych konfiguracjach, oraz kierunki rozwoju platformy informatycznej LM System PRO+® uwzględniające zmiany w trybie pracy urządzeń energetycznych.

Od wiedzy do inteligentnego zarządzania

Jednocześnie z budową Systemu *Pro Novum* znalazło optymalne miejsce dla LM System PRO+® zarówno w infrastrukturze IT elektrowni/grupy elektrowni (rys. 1), jak również w nowej organizacji grup elektrowni. To poziom departamentu zarządzania majątkiem/inżynierii z odpowiednią integracją z powszechnie używanymi systemami klasy ERP, które nie były i ciągle nie są zorientowane na utrzymanie stanu technicznego na podstawie diagnostyki.



Rys. 1. Miejsce LM System PRO+® w infrastrukturze IT elektrowni/grupy elektrowni



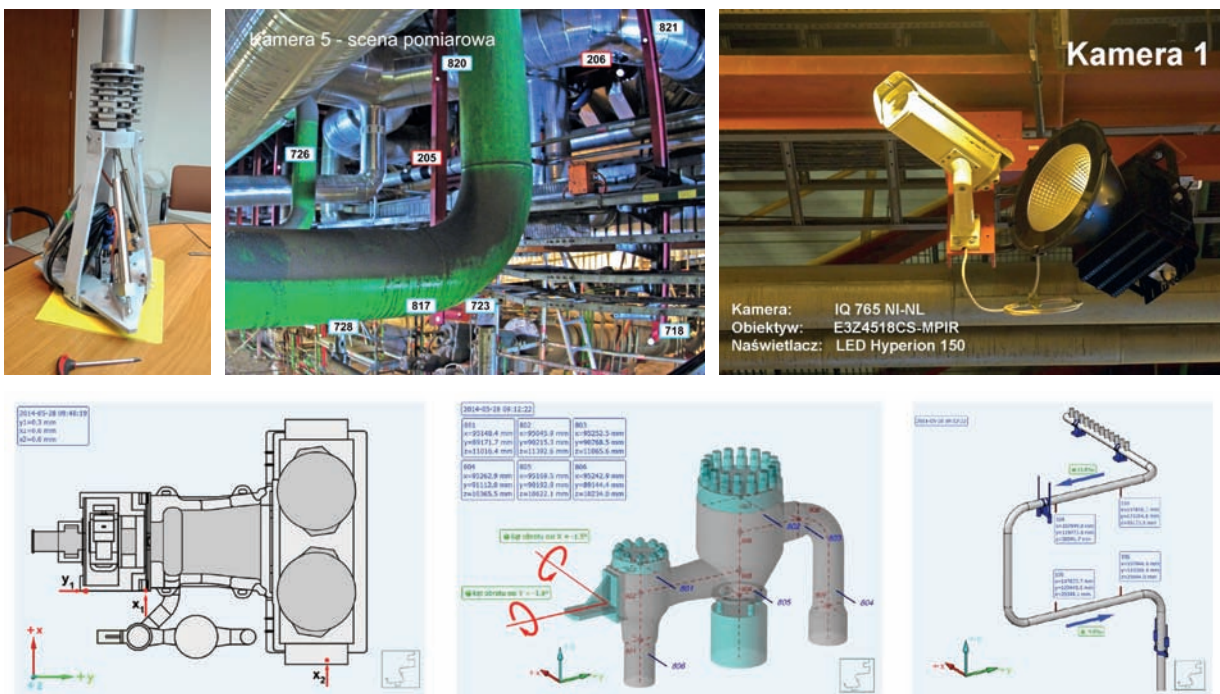
Rys. 2. Nadzór diagnostyczny urządzeń ciepłno-mechanicznych

Od ponad dziesięć lat Pro Novum wdraża System w różnym zakresie u różnych Klientów, z uwzględnieniem ich zróżnicowanej infrastruktury technicznej urządzeń wytwórczych. Umożliwiło to opracowanie Systemu: elastycznego, dostosowanego do aktualnej organizacji grup energetycznych, uwzględniającego indywidualne potrzeby klienta i dostosowanego do urządzeń nowych, zmodernizowanych i tych zakwalifikowanych do przedłużonej eksploatacji. Architektura Systemu odwzorowuje strukturę obiektów elektrowni oraz procesów technologicznych i utrzymania stanu technicznego. W programie zaimplementowano niemalże trzydziestoletnie doświadczenia diagnostyczne Pro Novum i doświadczenia renomowanych firm zagranicznych.

Doświadczenia z wykonywania zdalnej diagnostyki

Elastyczność Systemu umożliwiła w 2009 roku uruchomienie usługi serwisu diagnostycznego w zakresie urządzeń ciepłno-mechanicznych i chemii energetycznej. Usługa ta realizowana jest za pośrednictwem pakietu funkcjonalnego LM Serwis PRO[®] działającego w sposób autonomiczny (rys. 2).

Usługa ma na celu zdalny nadzór nad stanem technicznym wybranych węzłów konstrukcyjnych i/lub pojedynczych elementów urządzeń elektrowni i elektrociepłowni oraz eksperckie wsparcie na podstawie okresowo generowanych raportów. W ramach LM Serwis PRO[®] monitorowane są/mogą być wybra-



Rys. 3. System wyposażony w dedykowane układy kontrolno-rejestrujące i wizualizacje

ne problemy czy zjawiska występujące na urządzeniach bloków energetycznych. W celu podniesienia standardu i jakości usług objęto ją wewnętrzną procedurą *Pro Novum* w ramach Zintegrowanego Systemu Zarządzania o nazwie „Zdalny nadzór diagnostyczny urządzeń ciepłno-mechanicznych”. Zdobyte w ten sposób doświadczenia pozwoliły m.in. na:

- pracę Systemu z różnorodnymi środowiskami informatycznymi/technicznymi,
- identyfikację potrzeb klientów w zakresie świadczonych usług w warunkach zmieniających się organizacji elektrowni/grup elektrowni,
- identyfikację potrzeb w zakresie nowych narzędzi/funkcjonalności oprogramowania,
- opracowanie nowych algorytmów analizy danych procesowych i interfejsów do ich wizualizacji (rys. 3),
- powstanie nowych funkcjonalności oprogramowania i poprawę ergonomiczności już istniejących,
- udoskonalenie i opracowanie nowych algorytmów analiz systemowych,
- pozyskanie dodatkowej wiedzy na temat warunków pracy urządzeń i ich elementów, także w zakresie pracy regulacyjnej urządzeń,
- rozszerzenie oferowanego przez *Pro Novum* zakresu usług,
- rozwój własnych systemów/układów kontrolno-rejestrujących (rys. 3).

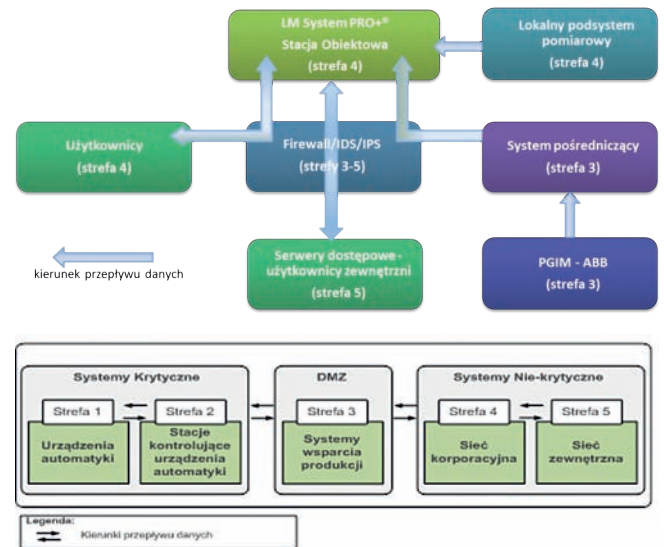
Jak wspomniano wcześniej System może być wdrażany u Klienta w różnorodny sposób. W zależności od zidentyfikowanych potrzeb poprzez:

- zakup oprogramowania i licencji,
- udostępnianie części oprogramowania – pakietów funkcjonalnych/modułów z serwera *Pro Novum*,
- usługę SaaS (Software as a Service) – polegającą na udostępnieniu oprogramowania przez jego twórcę bez konieczności jego zakupu; Klient ponosi wyłącznie koszt świadczonej usługi.

Duże znaczenie przy wykonywaniu zdalnej diagnostyki, wspieranej dedykowanym oprogramowaniem, ma zapewnienie bezpieczeństwa integrowanym systemom informatycznym. Głównym celem integracji LM System PRO+® (LM Serwis PRO®) – jako systemu z grupy IT (z ang. Information Technology) z systemami OT (z ang. Operational Technology), które wspierają procesy technologiczne w elektrowniach/elektrociepłowniach – jest automatyczne, bezobsługowe zasilanie go danymi procesowymi w zakresie pomiarów ciepłno-mechanicznych oraz chemicznych (rys. 4).

W wyniku integracji systemów OT i IT jw. zagrożenie w postaci nieautoryzowanego dostępu do przemysłowych systemów sterowania znacząco wzrosło. Z tego względu jakiś czas temu dokonano audytu LM System PRO+® (LM Serwis PRO®) ze względu na bezpieczeństwo systemów OT, z którymi jest integrowany. Wyniki audytu potwierdziły, że przy wdrażaniu Systemu brane są pod uwagę pojawiające się zagrożenia oraz bezpieczeństwo wymiany informacji, uwzględniane są dobre praktyki w zakresie poprawy bezpieczeństwa, a przede wszystkim polityka bezpieczeństwa Klienta. Rodzaj i sposób ochrony dobierany jest indywidualnie i zależy od istotności systemu OT. W audytowanych wariantach wdrożeń architektura systemu

zachowuje właściwy poziom bezpieczeństwa i dostępności. Ewentualne zagrożenia nie są duże i można niewielkimi nakładami się przed nimi zabezpieczyć oraz minimalizować skutki potencjalnych nadużyć. Wynika z tego zatem, że wykonywanie zdalnej diagnostyki, wspieranej systemami informatycznymi, jest bezpieczne.



Rys. 4. Przykład integracji LM System PRO+® (LM Serwis PRO®) z systemem OT elektrowni

LM System PRO+® (LM Serwis PRO®) jest integrowany z różnorodnymi środowiskami informatycznymi. Zarówno z kilkoma rodzajami systemów rejestrujących i archiwizujących dane pomiarowe z urządzeń, jak i z autorskimi (*Pro Novum*) rozwiązaniami w tym zakresie. Może być dostarczany także kompleksowo, tzn.: dostarczenie, montaż i instalacja kompletnych zestawów hardwarowych i softwarowych lub z wykorzystaniem wydzielonych z infrastruktury IT elektrowni dla potrzeb Systemu, wirtualnych serwerów. Prace w większości przypadków realizuje się z wykorzystaniem zdalnego dostępu VPN.

Opisane doświadczenia zaowocowały tym, że *Pro Novum* od 2010 r. opracowało (do września 2017), dla swoich klientów korzystających z usługi zdalnego nadzoru diagnostycznego, ok. 250 raportów z nadzoru przygotowywanych w 3 – 4-miesięcznych interwałach. W tabeli 1 zaprezentowano Klientów, którzy odebrali największą liczbę raportów.

Tabela 1

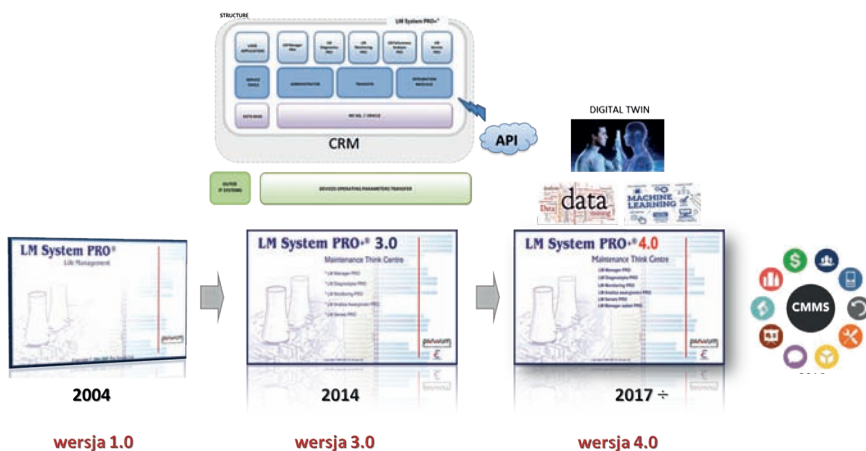
Klienci korzystający ze zdalnej diagnostyki *Pro Novum*

Klient	Liczba przekazanych raportów okresowych
EDF Polska S.A.	116
PGE GiEK S.A.	67
Energa S.A.	38
VHP / PGNiG TERMIKA S.A.	14

Systemy *Pro Novum* wykorzystują także elektrownie wyposażone w bloki klasy 200 MW, które korzystają z naszego wsparcia w innym trybie niż przedstawiono to w tabeli 1. W sumie System został dotąd zainstalowany na 38 blokach o mocy od 50 MW do 858 MW.

Kierunki rozwoju platformy informatycznej LM System PRO+®

Zmiany w sektorze energetycznym wymuszają elastyczne dostosowanie się do potrzeb Klienta. Elastyczne dostosowywanie się do potrzeb rynku/klienta dotyczy poszczególnych bloków energetycznych, a nawet urządzeń. Czas eksploatacji urządzeń ma drugorzędne znaczenie, liczy się jej dostosowanie do wymagań technicznych i prawnych. Zmiany dotyczyć będą także modeli biznesowych w obszarach wytwarzania, dystrybucji i sprzedaży. Zapewnienie efektywnej produkcji/wytwarzania to wyzwanie także dla utrzymania stanu technicznego, w tym diagnostyki. *Pro Novum* rozwija ten rodzaj diagnostyki, który może wspierać takie potrzeby, opracowując standardy badań i oceny, implementując je w formie software'u oraz organizując wymianę informacji i wiedzy w skali grup energetycznych oraz KSE. Zachodzące zmiany wytyczają także kierunki rozwoju dla platformy informatycznej LM System PRO+® – obecnie w wersji 3.0 (rys. 5).



Rys. 5. Ewolucja platformy informatycznej LM System PRO+®

Najważniejsze z nich to:

- integracja wszystkich użytkowników bloków 200 MW w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym w ramach portalu branżowego www.portalblokipro.pl służącego m. in. do wymiany wiedzy, informacji i doświadczeń użytkowników bloków,
- ewolucja LM System PRO+® w kierunku systemów CMMS (z ang. Computerised Maintenance Management Systems), czyli specjalizowanych systemów przeznaczonych do wsparcia szeroko rozumianego utrzymania ruchu,
- ewolucja LM System PRO+® w kierunku wspierającym Preventive & Predictive Maintenance [6] po zaimplementowaniu algorytmów z obszaru zaawansowanej analityki, w tym z dziedziny sztucznej inteligencji, zwłaszcza data mining i machine learning,
- uruchomienie nowych algorytmów liczących, w tym „cyfrowych bliźniaków” (Digital Twin) wybranych elementów krytycznych bloków energetycznych,
- wdrożenie modułu analizy pracy regulacyjnej,
- minimalizacja obsługi i bardziej funkcjonalne interfejsy użytkownika.

Podsumowanie

Dokonujące się zmiany modelu i organizacji zarządzania majątkiem produkcyjnym elektrowni oraz ciągła presja na redukcję kosztów utrzymania sprawiają, że nawet najlepiej napisane przepisy, instrukcje, wytyczne, etc. nie zapewniają wykonywania, adekwatnej do aktualnego stanu technicznego urządzeń, diagnostyki na odpowiednim poziomie technicznym. W *Pro Novum* zauważyliśmy to już dawno

temu i dlatego zaoferowaliśmy Klientom/ specjalistom zarządzającym majątkiem produkcyjnym wsparcie w postaci platformy informatycznej LM System PRO+®. Równolegle rozwinęliśmy usługę zdalnego nadzoru diagnostycznego wspieraną software'owo. Opisane w artykule nasze niemalże 8-letnie doświadczenia pozwalają stwierdzić, że forma wykonywania diagnostyki zdalnej jest formą pożądaną i akceptowaną, a z punktu widzenia informatycznego także bezpieczną. Trwające zmiany w sektorze energetycznym motywują nas do rozwoju oferowanego oprogramowania i podnoszenia jakości w zakresie zdalnej diagnostyki.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Trzeszczyński J., Murzynowski W., Stanek R.: *10 lat doświadczeń oraz perspektywy rozwoju LM System PRO+® platformy informatycznej wspierającej utrzymanie stanu technicznego urządzeń energetycznych*. „Energetyka” 2014, nr 8.
- [2] Nitecki P., Białek S., Murzynowski W.: *Bezpieczeństwo systemów informatycznych korzystających z informacji procesowych elektrowni na przykładzie wybranych systemów informatycznych zainstalowanych w PGE GiEK S.A.* „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2015, nr 6 (123), Rok XXII.
- [3] Trzeszczyński J.: *Diagnostyka 4.0 wspierająca przedłużanie eksploatacji bloków 100 MW – 360 MW*. „Dozór Techniczny” 2016, nr 6.
- [4] PN/45.3360/2016/A (Wydanie II): *Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepło- mechanicznych bloków 100 MW – 360 MW*. Katowice, czerwiec 2016.
- [5] Stanek R., Maciejewski J.: *Nadzór diagnostyczny zmodernizowanych kotłów K3 – K12 (BB-1150) oraz kotła K14 (BB-2400) – dotychczasowe doświadczenia oraz możliwości i kierunki rozwoju*. XIX Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe *Pro Novum*, Katowice, październik 2017.
- [6] Trzeszczyński J.: *Diagnostyka wspierająca elastyczną eksploatację bloków klasy 200 MW*. „Energetyka” 2017, nr 12.

Doświadczenia ENERGA Elektrownie Ostrołęka SA z pracą regulacyjną zmodernizowanych bloków 200 MW

Experiences of ENERGA Elektrownie Ostrołęka SA with flexible operation of modernized power units 200 MW

Przekroczenie 200 000 godzin eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych, zmiana organizacji zarządzania majątkiem oraz zmiana modelu wykonywania usług remontowych i diagnostycznych sprawiły, że aby zapewnić utrzymanie majątku produkcyjnego w wysokiej dyspozycyjności i sprawności technicznej przy optymalnym poziomie kosztów wdrożono System Diagnostyczny LM System PRO+®, który został zintegrowany z urządzeniami ciepłno-mechanicznymi bloków 200 MW w ENERGA Elektrownie Ostrołęka SA. Dodatkowe uwarunkowania, takie jak:

- zapewnienie ciepła dla miasta Ostrołęka,
- wymagania w zakresie ochrony środowiska (spełnienie wymagań Dyrektywy IED 2010/75/EU i związanych z nimi Konkluzjami BAT),
- zapewnienie wysokiej dyspozycyjności bloków w dzisiejszych czasach (intensywna praca w regulacji)

wymusiły przeprowadzenie szeregu inwestycji w celu dostosowania się do warunków panujących na rynku.

Wdrożenie systemu i model współpracy

Opisane powyżej wymagania wymusiły od specjalistów w Pionie Zarządzania Majątkiem w Wydziale Nadzoru Inwestycji i Remontów Elektrowni radykalną zmianę podejścia do spraw związanych z utrzymaniem urządzeń wytwórczych. Ciągła reor-

ganizacja sprawiła, że z elektrowni odeszło wielu specjalistów z długoletnim doświadczeniem w pracy nad utrzymaniem majątku produkcyjnego, a co za tym idzie diametralnie wzrosło ryzyko utraty wiedzy w zakresie korporacyjnym na temat aktualnego stanu technicznego urządzeń.

W 2012 roku, podejmując obustronną współpracę nad wdrożeniem Systemu Diagnostycznego ustalono, że w kompetencji Pro Novum będzie świadczenie usługi Serwisu Diagnostycznego dla ENERGA Elektrownie Ostrołęka SA w zakresie wsparcia eksperckiego i technicznego. Sprawowanie nadzoru rozpoczęto od elementów krytycznych oraz powierzchni ogrzewalnych, jednak na przestrzeni 5-letniej współpracy liczba elementów objętych monitoringiem znacząco wzrosła. Dodatkowo funkcjonalność Systemu rozszerzała się wraz z rosnącymi potrzebami specjalistów w Elektrowni.

Remonty modernizacyjne – przygotowanie i realizacja

W związku z przyjętą strategią przedłużania czasu eksploatacji bloków do 350 000 godzin podjęto decyzję o przeprowadzeniu remontów kapitalnych, których zakres pozwoli na osiągnięcie tak postawionego celu. Oczywiście zakres wymian i innych czynności remontowych powinien się opierać na odpowiednio wykonanej diagnostyce. To ona powinna determinować decyzję



Rys. 1. Moduł Planowanie Remontów platformy informatycznej LM System PRO+®

o dopuszczeniu elementu do dalszej eksploatacji. Dla potrzeb tak ważnego zadania wspólnie opracowano moduł Planowania Remontów, który uwzględniając harmonogram rewizji UDT generował zakres remontu w sposób automatyczny, „z komputera”. Tak wygenerowany zakres remontu został uzupełniony, przez specjalistów Departamentu Zarządzania Majątkiem oraz ekspertów *Pro Novum*, o czynności wynikające z przesłanek niezaimplementowanych w programie komputerowym.

Narzędzie to zostało tak zaprojektowane, aby istniała możliwość eksportu wcześniej zdefiniowanego zakresu do odpowiednio sformatowanego pliku transferowego. Dodatkowo, po przekazaniu i uzupełnieniu przez firmę wykonującą remont, w prosty sposób wyniki i oceny można zaimportować do Systemu oraz na bieżąco śledzić postęp prac.

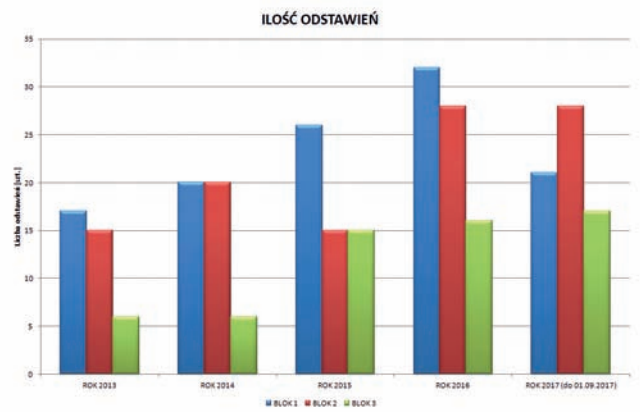


Rys. 2. Moduł Planowanie Remontów – przegląd wyników badań

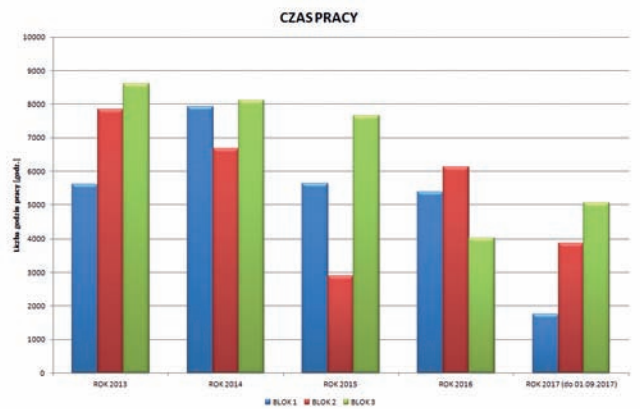
Praca regulacyjna bloków

Ustalone stany pracy bloku, typowe dla ich pracy podstawowej, to raczej rzadkość. Na przestrzeni ostatnich lat zauważono, że przeważającym trybem pracy stała się praca regulacyjna. Zwiększenie liczby odstawień, a co za tym idzie uruchomień zaobserwowano na wszystkich trzech blokach. Poniżej zaprezentowano zestawienie liczby odstawień (rys. 3) oraz czasu pracy (rys. 4) w poszczególnych latach od uruchomienia Nadzoru Diagnostycznego.

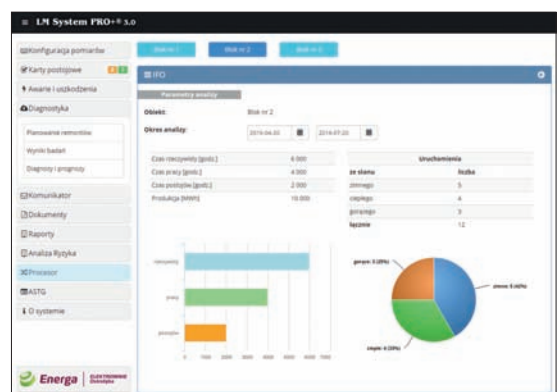
Zwiększenie liczby uruchomień/odstawień rzuciło kolejne wyzwanie specjalistom Departamentu Zarządzania Majątkiem. Odpowiedź na pytania „co i kiedy remontować?” będzie bardzo trudna. Bez posiadania kompletnej wiedzy na temat aktualnego stanu technicznego – wręcz niemożliwa.



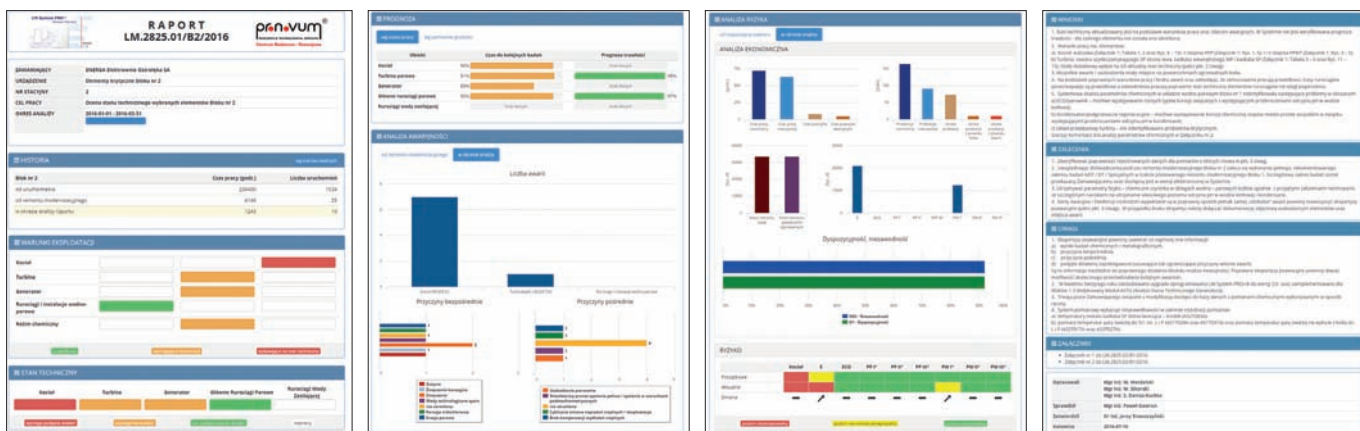
Rys. 3. Liczba odstawień bloków w latach 2013-2017



Rys. 4. Czas pracy bloków w latach 2013-2017



Rys. 5. Moduł IFO (Index of Flexible Operation)



Rys. 6. Automatycznie generowany Raport okresowy

Praca regulacyjna to nie tylko zwiększona liczba uruchomień przy malejącej liczbie czasu pracy. To również ciągłe zjazdy/podjazdy mocą dyktowane przez Krajowy System Energetyczny. Praca w tak niestabilnych warunkach wymaga bezwzględnej analizy, oczywiście pod kątem stanu technicznego, a co za tym idzie zapewnienia wysokiej dyspozycyjności.

Codzienna profilaktyka – monitorowanie stanu technicznego

Kolejnym istotnym aspektem dla zrównoważonego zarządzania majątkiem produkcyjnym jest bieżąca weryfikacja i aktualizacja jego stanu technicznego. Oczywiście podstawowymi informacjami są wyniki badań i ocen z remontów (w tym bieżących). Zestawiając te informacje z aktualnymi warunkami pracy możemy stwierdzić czy mają (bądź nie) one wpływ na dodatkową redukcję prognozowanego czasu dalszej eksploatacji. Od ponad pięciu lat, raz na kwartał, System generuje w sposób automatyczny Raport (rys. 6), który jest komentowany w formie wniosków i zaleceń przez ekspertów *Pro Novum*.

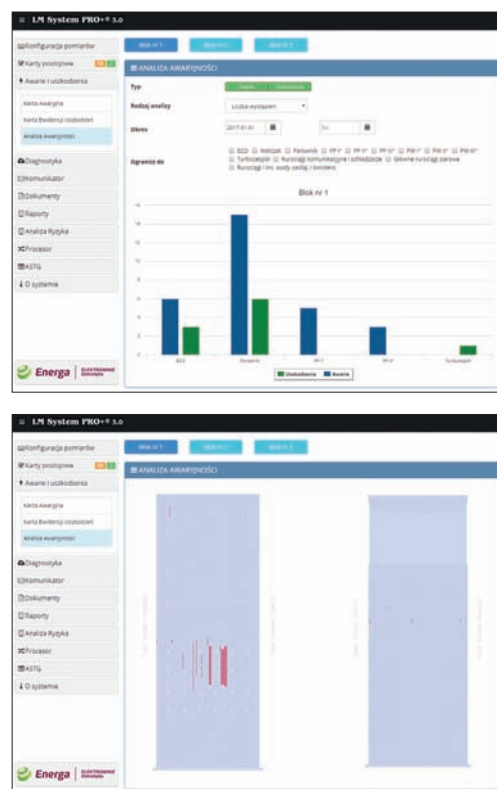
Raporty nie tylko wskazują na wykryte nieprawidłowości, ale dają niezbędną wiedzę do podejmowania właściwych działań zarówno w perspektywie krótko- jak i długofalowej.

Analiza awaryjności

Awaria to sytuacja, gdy ze względu na uszkodzenie elementu (elementów) produkcja energii elektrycznej lub ciepłej nie jest możliwa albo gdy trzeba ją ograniczyć. Awaria to także sytuacja, gdy uszkodzenie wykryte podczas remontu wymaga niezaplanowanej wcześniej naprawy wydłużającej remont (czy zwiększającej koszty remontu) i powodującej utratę produkcji. W dzisiejszym trybie pracy bloków analiza awarii ma ogromne (wręcz kluczowe) znaczenie.

Poprawna analiza zdarzenia awaryjnego powinna zawierać:

- wyniki badań chemicznych / metalograficznych,
- określenie przyczyny bezpośredniej i pośredniej,
- podjęte działania zapobiegawcze (usuwające lub ograniczające przyczyny pośrednie awarii).



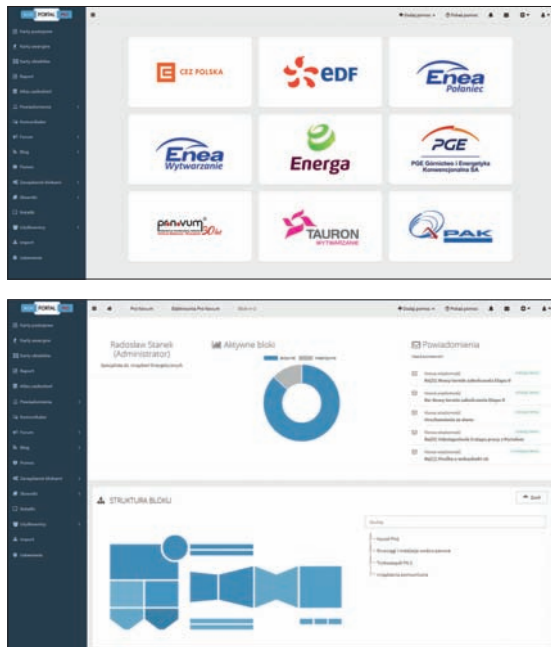
Rys. 7. Systemowa Analiza Awaryjności

Należy zwrócić uwagę, że poprawne ekspertyzy poawaryjne dają bardzo cenną wiedzę o stanie technicznym urządzeń oraz stwarzają warunki do skutecznego przeciwdziałania kolejnym awariom.

Wymiana wiedzy i doświadczeń – portal www.portalblokipro.pl

Bez wymiany wiedzy i doświadczeń, w szczególności dotyczących statystyki uszkodzeń, trudno sobie wyobrazić bezpieczną eksploatację urządzeń i wysoką dyspozycyjność przy akceptowalnych nakładach na utrzymanie stanu techniczne-

go. Doświadczenia eksploatacyjne Użytkowników urządzeń – jednego typu lub bardzo do siebie podobnych – to wiedza często ważniejsza niż wyniki badań elementów urządzeń, które są eksploatowane. Mówią one o problemach rzeczywistych, a nie tylko potencjalnych. Stworzenie portalu internetowego www.portalblokipro.pl poświęconego wymianie doświadczeń technicznych i zagadnieniom związanym z przedłużaniem eksploatacji bloków 200 MW może być bardzo ważnym źródłem wiedzy dla inżynierów z Elektrowni/Grup Energetycznych oraz Centrum Zarządzania Majątkiem. Dzięki Platformie Informatycznej LM System PRO+® korzystanie z portalu jest praktycznie bezobsługowe, co w dzisiejszych czasach jest niewątpliwym atutem.



Rys. 8. Portal internetowy www.portalblokipro.pl

Podsumowanie

Na przestrzeni lat zaobserwowane zmiany organizacyjne w Elektrowni oraz ciągłe zmiany związane z jej charakterem pracy wymusiły na Użytkowniku poszukiwanie nowych rozwiązań, które będą przede wszystkim porządkowały zgromadzoną wiedzę na temat urządzeń wytwórczych. Od ponad pięciu lat Platforma Informatyczna LM System PRO+® wyposażona we wszystkie funkcje związane z akwizycją danych i zarządzania wiedzą oraz optymalizacją nakładów na utrzymanie stanu technicznego majątku produkcyjnego według strategii CBM i RBM funkcjonuje w ENERGA Elektrownie Ostrołęka SA. Uwzględniając wymagania i zmiany panujące na rynku, System na przestrzeni lat ciągle ewoluował, aby dostęp do zgromadzonej wiedzy był ergonomiczny i prosty. Jak zaobserwowano, połączenie codziennej praktyki remontowej w Elektrowni wraz z wymaganiami

przyjętymi w Systemie dało szereg możliwości zapewnienia wysokiej dyspozycyjności przy optymalizacji nakładów związanych z utrzymaniem.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Siedlecki S., *Wykonany dotychczasowy zakres modernizacji, oraz potrzeby do spełnienia warunków pracy bloków 200 w EEO SA, jako element wspierający bilans mocy do roku 2040*. Warszawa, marzec 2017.
- [2] Trzeczcyński J., Murzynowski W., Stanek R., *10 lat doświadczeń oraz perspektywy rozwoju LM System PRO+® platformy informatycznej wspierającej utrzymanie stanu technicznego urządzeń energetycznych*, „Energetyka” 2014, nr 8.
- [3] Trzeczcyński J., Sobczyszyn A., Staszatek K., Stanek R., Rajca S., *Diagnostyka długoeksploatowanych bloków energetycznych przeznaczonych do pracy regulacyjnej*. „Energetyka” 2017, nr 6.
- [4] PN/20.2900/2013: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-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.
- [5] PN/30.2910/2013: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW. Część I. Założenia ogólne. Część II. Diagnostyka elementów krytycznych turbin i generatorów. *Pro Novum*. Katowice, luty 2013.
- [6] PN/045.3360/2016: Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 100-360 MW. *Pro Novum*. Katowice 2016.
- [7] Trzeczcyński J., Białek S., Murzynowski W., *Monitorowanie stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków energetycznych przy wykorzystaniu platformy informatycznej LM System PRO+®*. „Dozór Techniczny” 2011, nr 5.
- [8] Siedlecki S., *Wykorzystanie LM System PRO+® do bieżącej oceny stanu technicznego bloku klasy 200 MW w Elektrowni Ostrołęka B*, Katowice, 6-7 października 2016.
- [9] Trzeczcyński J., Gawron P., Murzynowski W., *Wytyczne przedłużania eksploatacji zmodernizowanych bloków 100 MW – 360 MW*, „Energetyka” 2016, nr 12.

Obniżenie mocy i praca w regulacji jako przyczyny zagrożeń dla bezpiecznej eksploatacji bloków energetycznych

Reduction of units capacity and cycle load as causes of hazards for safe operation of power units

Nieomal wszystkie eksploatowane obecnie bloki energetyczne zaprojektowane były przy założeniu pracy ciągłej z uwzględnieniem zmian mocy od minimum technicznego do mocy znamionowej. Oznacza to, że jednostki wytwórcze polskiej energetyki nie są od strony projektowej zabezpieczone przed oddziaływaniem warunków eksploatacji wynikających z pracy w regulacji. Taka sytuacja powoduje, że praca w regulacji wymagała lub nadal wymaga podjęcia wielopłaszczyznowych działań, których wynik powinien zapewnić bezpieczną eksploatację bloków. Generalnie, wspomniane działania powinny rozwiązać problemy z zakresu:

- termodynamiki,
- automatyki i pomiarów (AKPiA),
- diagnostyki,
- logistyki,

które zostaną omówione w dalszej części artykułu.

Konieczne analizy z zakresu termodynamiki

Praca w regulacji, a ściślej częste i szybkie zmiany obciążenia czasem poniżej określonego w DTR minimum technicznego, może wiązać się z problemami natury termodynamicznej. Szybkie obniżanie mocy (zrzuty) są oczywiście przewidziane przez projektanta, opisane w DTR i uwzględniane w AKPiA, ale dłuższa praca przy parametrach niższych niż wynikają z minimum technicznego – już nie. Dla bloków z obiegiem naturalnym czynnika przeprowadza się analizę termodynamiczną i dla kotła, i dla turbiny. Dla bloków z kotłami o wymuszonej cyrkulacji analizą wystarczy objąć tylko układ przepływowy turbiny i te odcinki rurociągów, które okresowo są pod ciśnieniem, ale bez przepływu czynnika. Długotrwałe obniżenie mocy można zrealizować obniżając temperaturę i ciśnienie pary, ale pod jednym, podstawowym warunkiem. Różnice ciśnień pomiędzy kolejnymi stopniami przegrzewu muszą gwarantować taką prędkość przepływu czynnika, aby zapewnić wymianę ciepła na bezpiecznym poziomie zapobiegającym miejscowym przegrzaniom rur powierzchni ogrzewalnej. Jeżeli określone zostaną parametry wylotowe pary z kotła, dla których nie zachodzi

jeszcze niebezpieczeństwo miejscowych przegrzań powierzchni ogrzewalnej, czyli tzw. parametry graniczne (t_g , p_p), to wówczas należy sprawdzić:

- dla rurociągów będących pod ciśnieniem, ale najczęściej bez przepływu czynnika – czy temperatura pary nie jest poniżej temperatury nasycenia,
- dla turbiny – czy wydłużenia uwzględnione są na akceptowalnym poziomie.

Szybkie zwiększanie mocy (podjazdy) pozytywnie wpływa na cyrkulację, ale ze względu na dużą pojemność cieplną wody mogą wystąpić niedogrzenia wody zasilającej, co skutkuje znaczną różnicą temperatur między nią a ścianką walczaka.

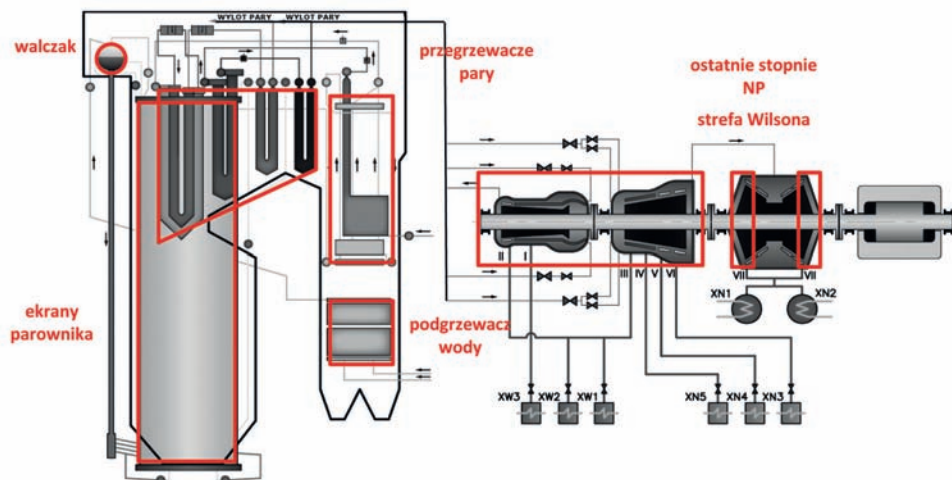
Odrębnym zakresem analiz, luźno związanym z omówionym wyżej zakresem prac, jest analiza potencjalnego wpływu obniżonej temperatury spalin na wylocie z kotła na szeroko rozumianą sprawność urządzeń „obsługujących ochronę środowiska”.

Prace z zakresu opomiarowania procesu i jego automatyki

Wyniki obliczeń termodynamicznych określające temperatury i ciśnienia graniczne w konkretnych obszarach wymiany ciepła w kotle pozwalają na analizę istniejących systemów AKPiA pod kątem czy:

- miejsca pomiarów są optymalne, co do lokalizacji i krotności,
- poziomy zabezpieczeń i alertów są właściwe, a automatyka prawidłowa.

Obniżenie temperatury i ciśnienia pary wylotowej z kotła do wartości granicznych nie ma żadnego wpływu na trwałość i niezawodność głównych nitek rurociągów, ale może mieć istotny wpływ na eksploatację rurociągów, dla których przepływ czynnika zachodzi tylko okresowo. Zwłaszcza dla relatywnie długich rurociągów mogą zachodzić warunki pojawienia się temperatury nasycenia (punktu rosy). Najczęściej rurociągi takie nie są pod tym kątem opomiarowane, bo dla parametrów projektowych nie występował na nich punkt rosy. Może zatem wystąpić potrzeba dodatkowego opomiarowania lub projektowania takich węzłów.



Rys. 1. Wielkość i szybkość zmian parametrów procesu a przystosowanie do nich systemu Pomiarów Kontroli i Automatyki (AKPIA) i Bloku Ograniczeń Termicznych (BOT)

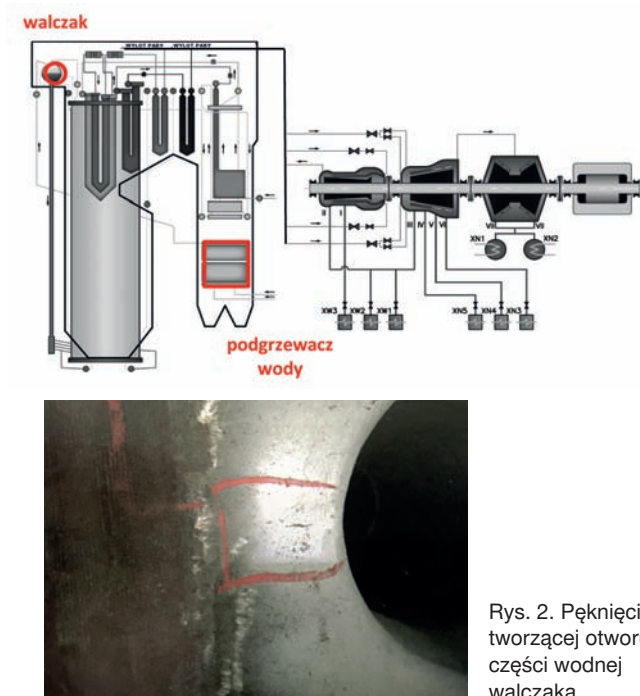
Zmiana warunków pracy dla turbiny implikuje konieczność przeanalizowania procedur Bloku Ograniczeń Termicznych (BOT) pod względem jego skuteczności ze względu na wydłużenia względne.

Diagnostyka

Praca w regulacji może zmieniać warunki pracy niektórych węzłów konstrukcyjnych (rys. 1) [1], a co za tym idzie powodować pewne modyfikacje w zakresach prac diagnostycznych przede wszystkim w obszarze kotła, a w mniejszym stopniu dla rurociągów i turbiny.

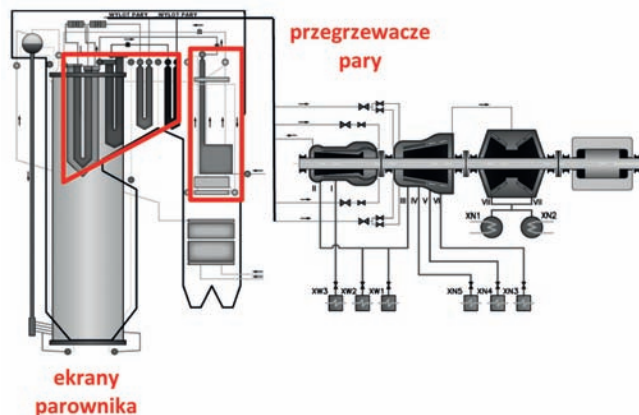
Dla kotła:

- praca bloku w regulacji z istotnie obniżoną mocą może powodować niedogrzanie wody zasilającej powodując pęknięcia na tworzącej otworów w części wodnej walczaka (rys. 2).

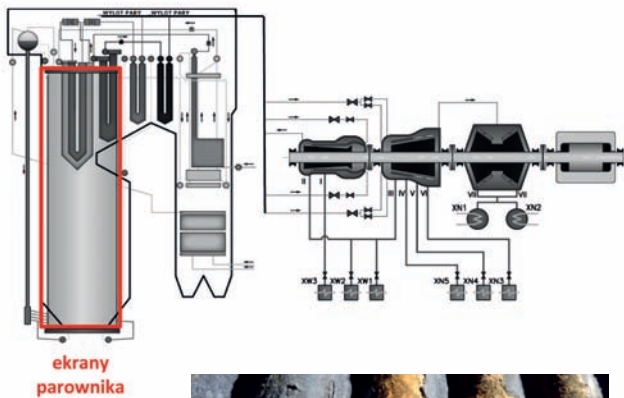


Rys. 2. Pęknięcie tworzącej otworu części wodnej walczaka

- Coraz większego znaczenia nabierają badania wizualne, i to bardzo dokładne, całej powierzchni ogrzewalnej. Obniżona cyrkulacja dla kotłów walczakowych zwiększa możliwość wystąpienia lokalnych przegrzań rur, zwiększenie „aktywności” korozji wysokotemperaturowej, a co za tym idzie pogrubienie warstwy tlenków (rys. 3) oraz osadów na rurach ekranowych (rys. 4).



Rys. 3. Zwiększona grubość warstwy tlenków i osadów na powierzchni węzownic



Rys. 4. Zwiększona grubość warstwy tlenków i osadów na rurach ekranowych

- Coraz większego znaczenia nabierają „przesiewowe” pomiary grubości w obszarach, gdzie zaburzenia cyrkulacji są najbardziej prawdopodobne (rejon pod i za kolanami i spoinami). Zwiększenie częstotliwości pracy zaworów wtryskowych schładzaczy z jednej strony każe objąć je nadzorem diagnostycznym, a z drugiej może skutkować podciekaniem wody wtryskowej na niechronione (na skutek uszkodzeń koszulek) ścianki schładzacza i powodować powstawanie pęknięć termoszkowych (rys. 5).



Rys. 5. Pęknięcia koszulek schładzaczy

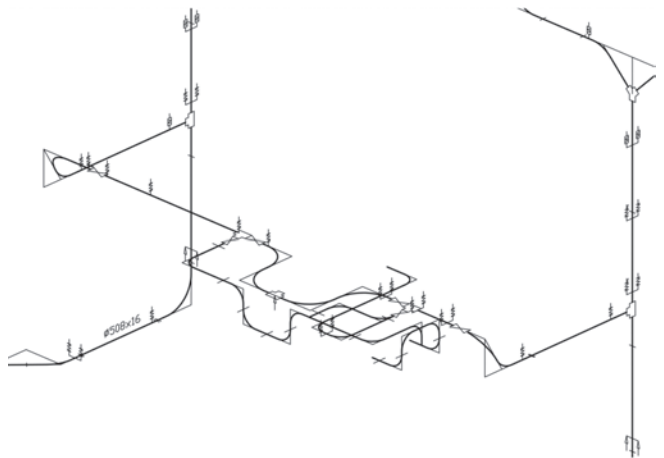
- Szybkie zmiany mocy wiążą się ze zmianami temperatury czynnika, za którymi nie nadążają zmiany temperatury metalu elementów grubościennych (komory). Na krawędziach otworów króćców wlotowych do komór należy spodziewać się pęknięć wywołanych zmęczeniem cieplnym (rys. 6).



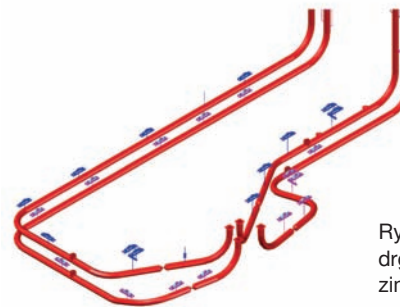
Rys. 6. Pęknięcia krawędzi otworu w komorze

Dla rurociągów głównych praca w regulacji nie ma wpływu na zakres diagnostyki, natomiast dla rurociągów pod ciśnieniem, ale bez przepływu, należy sprawdzać ich dolne tworzące (w sąsiedztwie wlotu do nitki głównych) czy nie ma na nich pęknięć termoszkowych spowodowanych podciekaniem relatywnie zimnych skroplin (rys. 7).

Ponadto należy zwiększyć częstotliwość oględzin zamocowań rurociągów pary do wtórnego przegrzewu ze względu na możliwość występowania drgań w czasie rozruchów (rys. 8) [2].

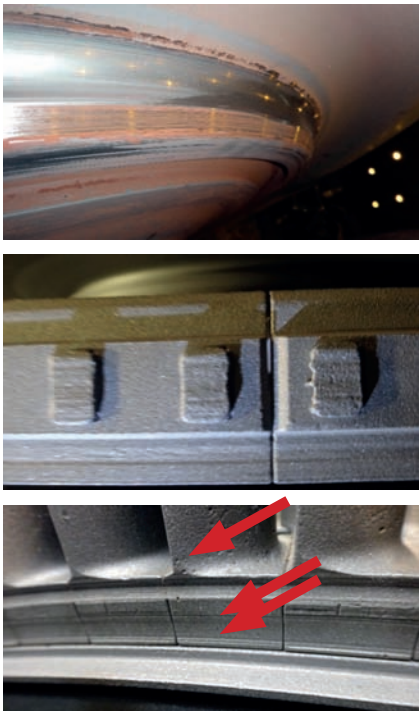
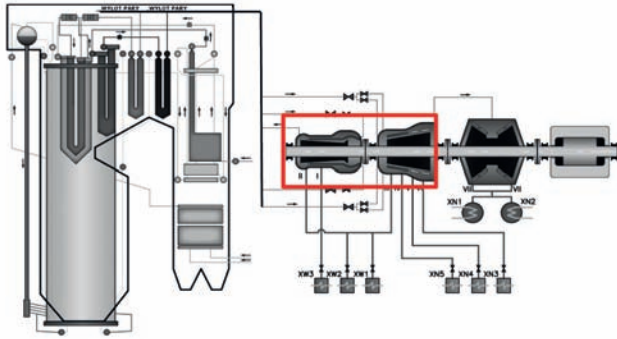


Rys. 7. Wystąpienie pary mokrej (osiągnięcie temperatury nasycenia) w rurociągach bez przepływu, ale pod pełnym ciśnieniem czynnika

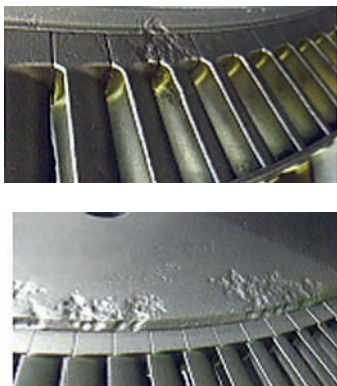


Rys. 8. Kontrola drgań rurociągów zimnej szyny w czasie rozruchu

Dla turbiny pracującej w regulacji należy sprawdzić czy nie ma śladów po ewentualnych makroprztyarciach (rys. 9) oraz należy szukać ewentualnych skutków korozji postojowej (rys. 10) [1].



Rys. 9. Możliwość pojawienia się prztyarć na skutek niedopasowania wydłużeń względnych



Rys. 10. Korozja postojowa zidentyfikowana na tarczach wirnikowych jako rezultat nieskutecznego zabezpieczenia układu przepływowego turbiny podczas postojów dłuższych niż 20 dni

Praca w regulacji a szeroko rozumiana logistyka

Zmniejszenie prędkości przepływu czynnika w części ogrzewalnej kotłów walczakowych powoduje, że nawet niewielkie wady powierzchni wewnętrznej rur mogą mieć wpływ na zaburzenie cyrkulacji. Oznacza to, że należy zwracać pilną uwagę na jakość spoin (wyływki) w tym obszarze (rys. 11).

Ponadto powinno się obserwować rurociągi pary do wtórnego przegrzewu w czasie rozruchu, zwracając szczególną uwagę na zamocowania i cienkościennie rurociągi AKPiA, których ewentualne drgania harmoniczne mogą w krótkim czasie spowodować ich uszkodzenie.



Rys. 11. Przykłady wyływek

Podsumowanie

Pracę w regulacji powinny poprzedzać:

- określenie parametrów granicznych (t_g i p_g) – analiza termodynamiczna,
- dostosowanie do t_g i p_g całego systemu AKPiA oraz BOT,
- zmodyfikowanie programów badań i pomiarów diagnostycznych.

Praca w regulacji wymaga:

- rygorystycznego przestrzegania:
 - znowelizowanej instrukcji obsługi bloku,
 - procesów spawalniczych (wyływek) – kontrole.
- obserwacji rurociągów zimnej szyny i rurociągów AKPiA w czasie szybkich rozruchów (drgania).

PIŚMIENICTWO

- [1] Trzeszczyński J, Sobczyszyn A., Staszalek K., Stanek R., Rajca S., *Diagnostyka długoeksploatowanych bloków energetycznych przeznaczonych do pracy regulacyjnej*. „Energetyka” 2017, nr 6, s. 395-403.
- [2] Brunné W.C., *Drgania rurociągów pary do wtórnego przegrzewu bloków energetycznych związane z ich pracą w regulacji*. „Energetyka” 2017, nr 6, s. 411-413.

XIX Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe DIAGNOSTYKA I REMONTY URZĄDZEŃ CIEPLNO-MECHANICZNYCH ELEKTROWNI

Diagnostyka wspierająca przedłużanie eksploatacji i elastyczną pracę elektrowni



W dniach 5-6 października 2017 r. w Hotelu Angelo w Katowicach odbyło się zorganizowane przez Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o.: XIX Sympozjum Informacyjno-Szkoleniowe DIAGNOSTYKA I REMONTY URZĄDZEŃ CIEPLNO-MECHANICZNYCH ELEKTROWNI – Diagnostyka wspierająca przedłużanie eksploatacji i elastyczną pracę elektrowni.

Sympozjum zostało zorganizowane przy współpracy z Towarzystwem Gospodarczym Polskie Elektrownie, Izbą Gospodarczą Energetyki i Ochrony Środowiska, TAURON Wytwarzanie S.A., PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., ENERGA Elektrownie Ostrołęka S.A., ENEA Wytwarzanie sp. z o.o. oraz Centrum Energetyki Akademii Górniczo-Hutniczej.

Urząd Dozoru Technicznego po raz kolejny objął Sympozjum Honorowym Patronatem. Dodatkowo po raz drugi nad Sympozjum patronat objęły: Regionalna Izba Gospodarcza w Katowicach oraz Polsko-Niemiecka Izba Przemysłowo-Handlowa (AHK).

Patronat medialny nad Sympozjum sprawowały branżowe czasopisma: Energetyka, Dozór Techniczny, Przegląd Energetyczny, Energetyka Ciepła i Zawodowa, Nowa Energia, a także portal Cire.pl oraz Elektroenergetyka i przemysł on-line. Inżynieria w praktyce.

W Sympozjum wzięło udział 160 przedstawicieli prawie wszystkich polskich elektrowni i elektrociepłowni, Urzędu Dozoru Technicznego, krajowych firm remontowych i diagnostycznych, innych podmiotów związanych z polską energetyką, a także zagranicznych firm i ośrodków naukowych. W ciągu dwóch dni Sympozjum wygłoszonych zostało 28 referatów, które dotyczyły aktualnych problemów i wyzwań branży energetycznej.

Podczas Sympozjum odbyła się Debata pt. „Aktualne problemy diagnostyki urządzeń energetycznych”.

Panelistami dyskusji byli: Jerzy Trzeszczyński – Pro Novum sp. z o.o., Paweł Urbańczyk – Urząd Dozoru Technicznego, Piotr Kuśmierski – PGE GiEK S.A. Oddział Elektrownia Bełchatów oraz Marek Lipnicki – Koli sp. z o.o.





Poruszane zagadnienia:

- przedłużanie eksploatacji urządzeń ponad trwałość projektową,
- praca urządzeń w głębokiej regulacji,
- diagnostyka i profilaktyka czy... statystyka?

Ambicją organizatorów było, podobnie jak podczas wszystkich poprzednich edycji Sympozjum, aby wydarzenie dotyczyło, w pierwszym rzędzie, aktualnych problemów polskiej energetyki oraz aby pokazywało związek pomiędzy wiedzą z diagnostyki, polityką remontową oraz strategią eksploatacji majątku produkcyjnego w skali elektrowni, grupy energetycznej oraz Krajowego Systemu Energetycznego.

Z tego punktu widzenia do najważniejszych wyzwań polskiej energetyki należy podejście do istniejącego a zwłaszcza długoeksploatowanego majątku produkcyjnego, wielokrotnie modernizowanego, spełniającego wymagania dyrektywy IED 2010/75/UE z 24 listopada 2010 r. Ważnym głosem w tym względzie był referat dr. Olivera Thena z VGB PowerTech, który przedstawił zarówno problemy transformacji energetyki naszego zachodniego sąsiada jak również podejmowane działania, które powinny być dla nas zarówno źródłem refleksji jak i inspiracji. My z Pro Novum mieliśmy przy tej okazji sporo satysfakcji, usłyszeliśmy bowiem m.in. że problemy także techniczne należy koordynować w skali krajowego systemu energetycznego. Tego zagadnienia dotyczył zwłaszcza jeden z referatów Pro Novum, który przedstawiał budowanie wiedzy i doświadczenia w skali KSE przy wykorzystaniu odpowiednio wykonanego portalu internetowego integrującego informacje w zakresie awaryjności w powiązaniu z warunkami pracy i aktualnym stanem technicznym urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków klasy 200 MW. Referat był w ścisłym związku z referatem wygłoszonym przez Prezesa Jerzego Trzeczcyńskiego, otwierającego obrady XIX Sympozjum przedstawiającego opracowany przez Pro Novum kompletny system diagnostyczny w skali KSE łączący, na wysokim poziomie, podejście do klasycznej diagnostyki z zaawansowanymi technologiami modelowania numerycznego oraz analityki data mining i machine learning. Liczne referaty specjalistów Pro Novum przedstawiały doświadczenia Firmy w zakresie analizy awaryjności, kompleksowego podejścia do diagnostyki i modernizacji rurocią-

gów na przykładzie projektów realizowanych w Elektrowni Kozienice oraz innych prac o podobnym charakterze w elektrowniach i elektrociepłowniach Grupy EdF Polska.

Jak zwykle z dużym zainteresowaniem spotkało się wystąpienie przedstawiciela UDT, w tym roku dr. Pawła Urbańczyka zarówno podczas jednej z sesji jak również w debacie moderowanej przez Prezesa Jerzego Trzeczcyńskiego, a dotyczącej aktualnego stanu polskiej diagnostyki. Za jeden z wniosków debaty można uznać często powtarzaną opinię, że wykonywanie coraz większej liczby, coraz bardziej innowacyjnych badań może w większym stopniu generować tylko kolejne informacje, a nawet szum informacyjny, zamiast użytecznej wiedzy.

Podsumowując XIX Sympozjum Prezes Zarządu Pro Novum podkreślił, że stan techniczny zmodernizowanych bloków klasy 100 MW, 200 MW i 360 MW pozwala optymistycznie patrzeć na możliwość ich dalszej eksploatacji, także w głębokiej regulacji. Większym zagrożeniem dla nich, niż dotychczasowy czas pracy i wymagające w przyszłości warunki eksploatacji może być nadmiar regulacji prawnych, stopniowo postępujący spadek jakości maintenance'u i kompetencji w obszarze zarządzania majątkiem oraz jego utrzymaniem.

Sympozjum towarzyszyła wystawa, gdzie oprócz Przedsiębiorstwa Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o. stoiska wystawowe przygotowały: Conco East sp. z o.o., Energo-diagnostyka sp. z o.o., EthosEnergy sp. z o.o., InTherSoft, Lexus Katowice sp. z o.o. oraz Pentair Valves & Controls Polska sp. z o.o.



Jubileusz 30-lecia Pro Novum



9 listopada 2017 r. w godzinach wieczornych, w Hotelu Courtyard® by Marriott® Katowice City Center w najwyższej położonej na Śląsku Restauracji 27. Piętro odbyło się uroczyste spotkanie z okazji Jubileuszu 30-lecia Przedsiębiorstwa Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o. W uroczystości wzięli udział Zarząd i pracownicy Spółki oraz zaproszeni goście – przedstawiciele elektrowni, elektrociepłowni, firm remontowych i diagnostycznych oraz środowisk naukowych i jednostek certyfikujących, m.in.: CEZ Skawina S.A., EDF Polska S.A., ENEA Wytwarzanie sp. z o.o., ENERGOREMONT Sp. z o.o., PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., TAURON Wytwarzanie S.A., Urzędu Dozoru Technicznego, ZRE Katowice S.A., Centrum Energetyki AGH, Redakcji „Energetyki” i Stowarzyszenia Elektryków Polskich oraz DEKRA i TUV Rheinland, a także przedstawiciele środowisk gospodarczych, w tym Towarzystwa Gospodarczego Polskie Elektrownie, Izby Gospodarczej Energetyki i Ochrony Środowiska, Polsko-Niemieckiej Izby Przemysłowo-Handlowej, Regionalnej Izby Gospodarczej w Katowicach i Business Centre Club. Dla wielu gości był to już kolejny Jubileusz Pro Novum, w którym wzięli udział.

Uroczystość poprowadziła Katarzyna Pakosińska – artystka kabaretowa, dziennikarka, aktorka i konferansjerka. Na początek poprosiła o zabranie głosu członków zarządu i wspólników Spółki. Prezes Zarządu Jerzy Trzeczcyński przypomniał dorobek techniczny Pro Novum zarówno w obszarze diagnostyki tradycyjnej jak również wykonywanej w trybie zdalnym, wspieranej przez software, którego rozmiary przybrały formę platformy informatycznej, w ostatnim czasie dodatkowo poszerzonej o portal internetowy integrujący informacje, wiedzę i doświadczenia użytkowników bloków klasy 200 MW. Za najważniejsze źródło dotychczasowych i przyszłych sukcesów Spółki prezes Trzeczcyński uznał skojarzenie wysokiej jakości inżynierskiego know-how i rzetelnej wiedzy naukowo-technicznej, z najnowszymi technologiami informatycznymi i analitycznymi, także z obszaru sztucznej inteligencji. Członek Zarządu Wojciech Brunné





podziękował obecniymi i byłym pracownikom i podkreślił, że Jubileusz Pro Novum jest także ich świętem. Podziękowania zostały skierowane także do Klientów za zaufanie i pomoc, w szczególności podczas wdrażania nowych, innowacyjnych produktów i usług oferowanych przez Pro Novum. Obaj panowie skierowali specjalne podziękowania do swoich bliskich oraz do osób, które zorganizowały Jubileusz.

Po wystąpieniach członków zarządu Prezes Oddziału Zagłębia Węglowego Stowarzyszenia Elektryków Polskich prof. Jerzy Barglik wręczył medal SEP Prezesowi Zarządu Jerzemu Trzeczyskiemu.

Podczas tego wieczoru nie zabrakło występów artystycznych z udziałem Krzysztofa Lasonia i Piotra Sałajczyka oraz Kwartetu Śląskiego, który ostatni utwór wykonał wspólnie z Katarzyną Pakosińską.

Po toaście i urodzinowym torcie gratulacje, życzenia i podziękowania na ręce zarządu złożyli pracownicy Spółki, a następnie licznie przybyli goście. Odczytane zostały także życzenia przekazane przez osoby, które nie mogły wziąć udziału w Jubileuszu, w tym wieloletni redaktor naczelny „Energetyki” Tomasz Kołakowski i emerytowany dyrektor techniczny ZEOPd Leszek Skrzypek.

W dalszej części wieczoru na gości czekały kolejne atrakcje, ale był też czas na wspólne pamiątkowe zdjęcia i mniej lub bardziej zawodowe rozmowy oraz na podziwianie nocnej panoramy Śląska.

