

dr inż. Jerzy Trzeszczyński, Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” Sp z o.o.

Utrzymanie stanu technicznego bloków energetycznych eksploatowanych w trybie regulacyjnym

Produkcja energii elektrycznej przy wykorzystaniu bloków spalających węgiel, w szczególności węgla kamiennego, a zwłaszcza tych z nich, które posiadają status JWCD (Jednostek Wytwórczych Centralnie Dysponowanych) jest od pewnego czasu mało dochodowa oraz coraz mniej komfortowa. Bloki wykorzystywane są przez Operatora w coraz większym stopniu do regulacji, czyli do stabilizacji systemu elektroenergetycznego (KSE). Stanowi to spore wyzwanie dla utrzymania stanu technicznego tych jednostek. Negatywny wpływ na stan techniczny i utratę trwałości mają nie tylko nietypowe dla tych bloków warunki pracy, ale także liczne postoje, które wymagają zabezpieczenia przed korozją postojową.

Sytuacja branży i sektora wytwarzania

Sytuacja branży i sektora wytwarzania jest nie tylko trudna ze względu na utrzymujące się od dłuższego czasu niskie ceny energii i restrykcyjne podejście do redukcji emisji, ale może przede wszystkim dlatego, że brakuje strategii - polityki energetycznej dla Polski, w perspektywie najbliższych parunastu, parudziesięciu lat. Pewnym usprawiedliwieniem może być fakt, że polityka klimatyczna Unii Europejskiej, w tym zwłaszcza dekarbonizacji energetyki europejskiej, wsparta przez politykę banków europejskich, inwestorów finansowych, a zwłaszcza rozwinięty system "kar" dla energetyki konwencjonalnej oraz dopłat dla energii OZE sprawiły, że strategia dla sektora, który w 85 procentach wytwarza energię z węgla, stała się nie tylko praktycznie, ale nawet teoretycznie niemożliwa, jeśli przyjąć rozwa-

żanie wyłącznie racjonalnych ekonomicznie, politycznie i prawnie scenariuszy.

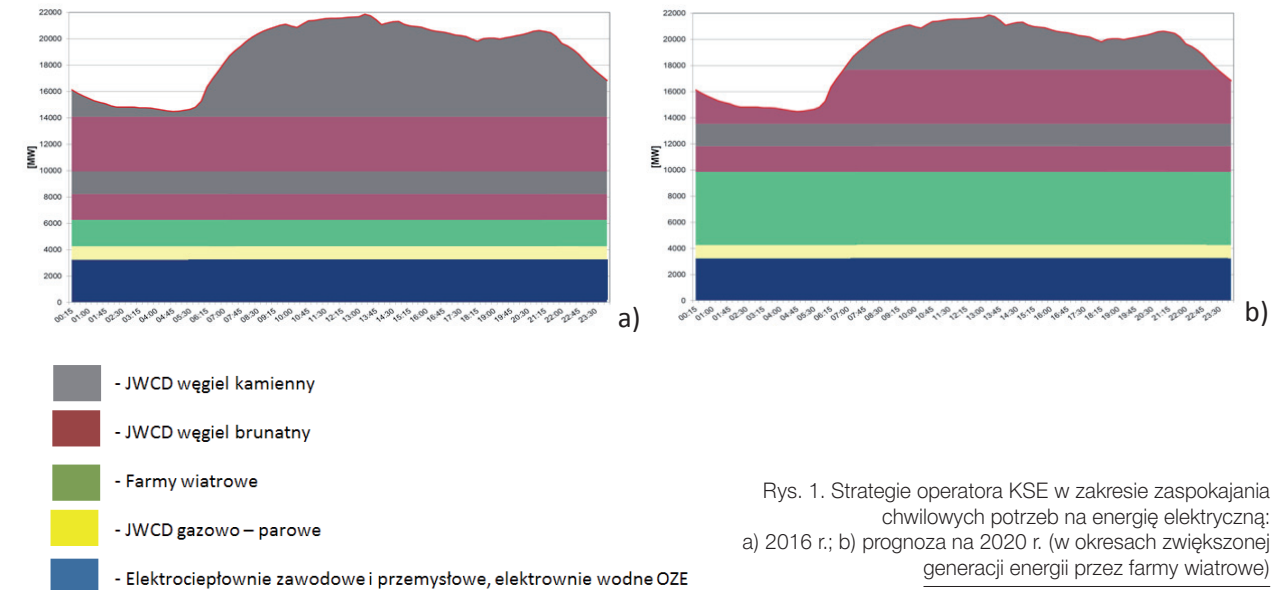
Trudna sytuacja w energetyce to jednak nie tylko „wina Brukseli”, to także rezultat:

- Błędów jej transformacji po 1989 r. - wycofanie się z polskiej energetyki prawie wszystkich inwestorów zagranicznych, świadczy jednocześnie o nieprzemyślanym do końca motywach ich zaproszenia do „prywatyzacji”, jak również nie wykorzystania do końca ich obecności z korzyścią dla sektora wytwarzania.
- Braku rzeczywistych reform w górnictwie, zwłaszcza węgla kamiennego - wszystkie poprzednie ekipy tak bardzo „wspierały” ten sektor, że od 1989 r. z 80 kopalń pozostało 20, z 300 tys. pracowników - ok. 85 tys., a spora część kopalń jest nadal nierentowna.
- Niedocenywania zmian o charakterze cywilizacyjnym, w tym

zwłaszcza niedostatecznie uwzględniając rozwój energetyki odnawialnej, prosumenckiej oraz rozwój technologii cyfrowych. Mało kto zauważył, że energetyka niezależnie od tego, o jakim poziomie technicznym eksploatuje urządzenia, stała się częścią Gospodarki 4.0. ze wszystkimi tego konsekwencjami.

- Niedocenywanie nowego podejścia do zarządzania majątkiem¹.

Reasumując, brakuje od dawna realistycznej, uwzględniającej polski interes, strategii dla energetyki. Mogłoby się wydawać, że w tej sytuacji aktualne scenariusze dla energetyki w Polsce mogą być wyłącznie złe lub gorsze. Jednak kilka faktów z ostatnich paru miesięcy, a nawet dni wskazuje, że tak być nie musi. Możliwe, że do końca br. powstanie polityka energetyczna dla Polski w horyzoncie do 2050 r., dobra dla wytwórców i atrakcyjna dla konsu-



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

mentów energii zwłaszcza tych którzy traktują ten sektor, także jako miejsca pracy o wysokiej jakości².

- „Program bloki 200+”, to aktualnie rodząca się koncepcja, trudno jeszcze ocenić, jaki ostatecznie przyjmie kształt oraz czy doczeka się pełnej realizacji. Ma szansę zapewnić racjonalną przyszłość dla majątku o bardzo dużym potencjale produkcyjnym (ok. 11 000 MW), w horyzoncie do ok. 2035 r. Może być ważną częścią polityki energetycznej, bo koncentruje się na istniejącym majątku produkcyjnym, a nie jak dotąd na blokach, które mogą powstać.
- + Unijne regulacje BREF, a zwłaszcza towarzyszące im BAT Conclusions (Best Available Techniques) zostały wprowadzone przegłosowane 28 kwietnia 2017 r. ale przy zaledwie 0,14% głosach ponad wymagane minimum, przy sprzeczności nie tylko Polski i innych 7 krajów, ale także Niemiec.
- 410 postów ze wszystkich ugrupowań, w tym opozycyjnych, zagłosowało 12 maja br. za uchwałą, która zarzuca propozycjom Brukseli niezgodność z zasadami UE - rozpoczęto procedurę tzw. żółtej

kartki w stosunku do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Europy w sprawie rynku energii elektrycznej.

Wytwarzanie energii - oczekiwania Operatora

Operator oczekuje możliwości dysponowania w okresie najbliższych ok. 15 lat blokami o odpowiednio dużym wolumenie produkcyjnym oraz o dużej elastyczności i niskich kosztach produkcji. Nie zapewnią tego duże bloki na parametry nadkrytyczne. Wsparcia można natomiast oczekiwać od odpowiednio dostosowanych bloków klasy 200 MW i 360MW³⁻⁸. Wybór koncepcji i technologii modernizacji będzie zależał od aktualnego stanu technicznego bloku oraz jego statusu w KSE (praca „podstawowa”, szczytowa, podszczytowa). Należy mieć nadzieję, że szczegółowe oczekiwania techniczne będą sformułowane w rozsądny sposób, zwłaszcza w odniesieniu do minimum technicznego oraz sprawności (poprawa sprawności to kosztowne zadanie, często pogarszające dyspozycyjność, w trybie pracy podszczytowej oraz szczytowej ma drugorzędne znaczenie).

Elastyczna eksploatacja bloków węglowych - wybrane przykłady

Od wielu lat bloki energetyczne, zwłaszcza o statusie JWCD pracują w trybie regulacyjnym (rys. 2-4) niezależnie od ich wielkości. Wynika to ze sposobu zaspokajania przez Operatora chwilowych zmian zapotrzebowania na moc (rys.2-4).

Wymagania co do wzrostu elastyczności bloków, zwłaszcza bloków 200 MW jeszcze się powiększą, co wynika ze zwiększenia udziału niestabilnych źródeł mocy, także rozproszonych przy ograniczonej ilości mocy transferowanej przez interkonektory.

Niezależnie od wielkości bloków pasma regulacji są zbliżone w odniesieniu do ich mocy nominalnych oraz minimum technicznych. Bloki o większej mocy mają mniej odstawiń, pracują dłużej w ciągu roku. Przy takim trybie pracy nie uda się:

- uniknąć negatywnych skutków regulacji;
- uzyskać zwrotu nakładów na inwestycje w zaplanowanych terminach.

■ Zarządzanie majątkiem produkcyjnym - nowe wyzwania

Bardziej elastyczna praca bloków stawia nowe, często trudne i kosztowne wyzwania zarówno techniczne, jak i ekonomiczne. Praca elastyczna ma swoją cenę, tym większą im oczekiwania odnośnie do głębokości regulacji są większe. Najważniejsze składniki kosztów regulacji to:

- zwiększona utrata trwałości (większa liczba uruchomień, większa prędkość uruchomień, niższe minimum techniczne);
- krótszy czas pracy (większa liczba postojów) oraz niższa niż nominalna moc średnia bloku;
- generacja przy niższej sprawności;
- wzrost kosztów uruchomień;
- możliwość niedotrzymania limitów emisji;
- pogorszenie jakości popiołu, żużla i gipsu;
- utrzymywanie rezerwy wirującej na większym poziomie.

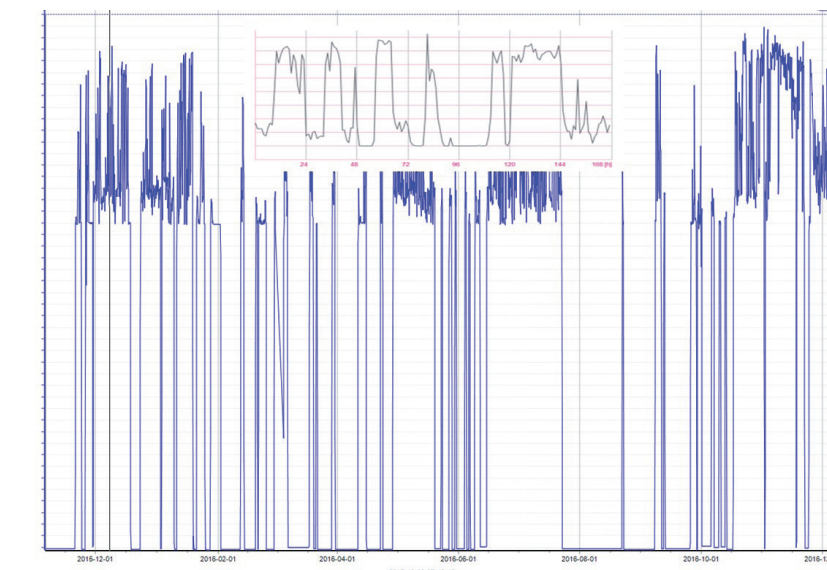
Zwiększona utrata trwałości będzie implikować kolejne zagrożenia i koszty:

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

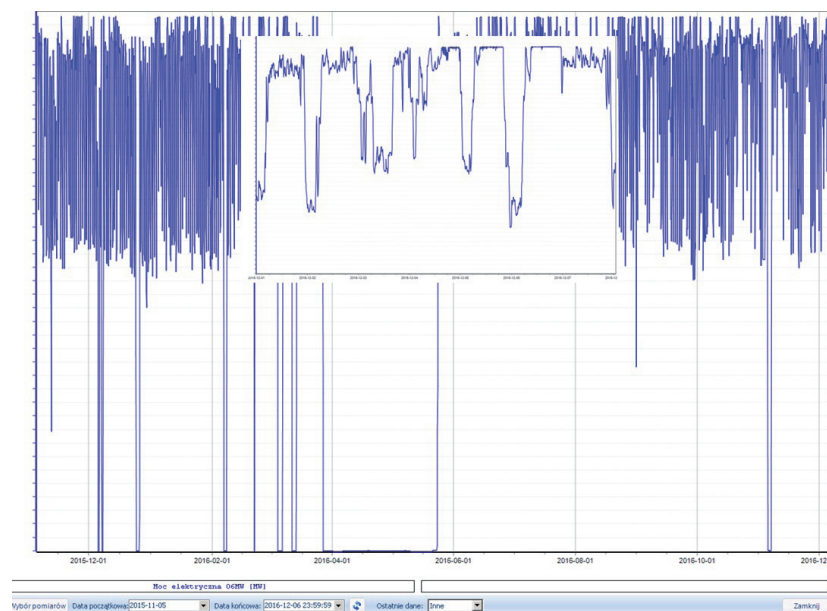
■ Diagnostyka, jako proces wspierający utrzymanie ruchu bloków eksploatowanych w trybie regulacyjnym

Praca regulacyjna, zwłaszcza w głębokiej regulacji (podszczytowa i szczytowa) stawia także inne, często nowe wymagania w zakresie diagnostyki:

- Badania w tym zwłaszcza powalające wymagają identyfikacji uszkodzeń wywołanych pracą regulacyjną.
- Wyższy status należy nadać analizie awaryjności - może nie tylko uzupełniać, ale nawet w istotnym zakresie



Rys. 2. Przykład warunków eksploatacji bloku o mocy 200 MW



Rys.3. Przykład warunków eksploatacji bloku o mocy 360 MW

zastępować okresowe badania.

- Historia i warunki eksploatacji powinny być rejestrowane i odpowiednio analizowane zwłaszcza w relacji do wykrywanych uszkodzeń (awarii).
- Analiza dużej liczby informacji wymaga informatycznego wsparcia.
- Rekomenduje się korzystanie ze zdalnej diagnostyki - zapew-

nia wyższą jakość przy znacząco niższej cenie.

- Przyjęcie jednego standardu badań zapewni porównywalność wyników w skali KSE, co pozwoli na predykcję uszkodzeń, dalszą poprawę jakości diagnostyki przy kolejnej redukcji kosztów.

Ważną rolę w diagnostyce powin-

ny odgrywać:

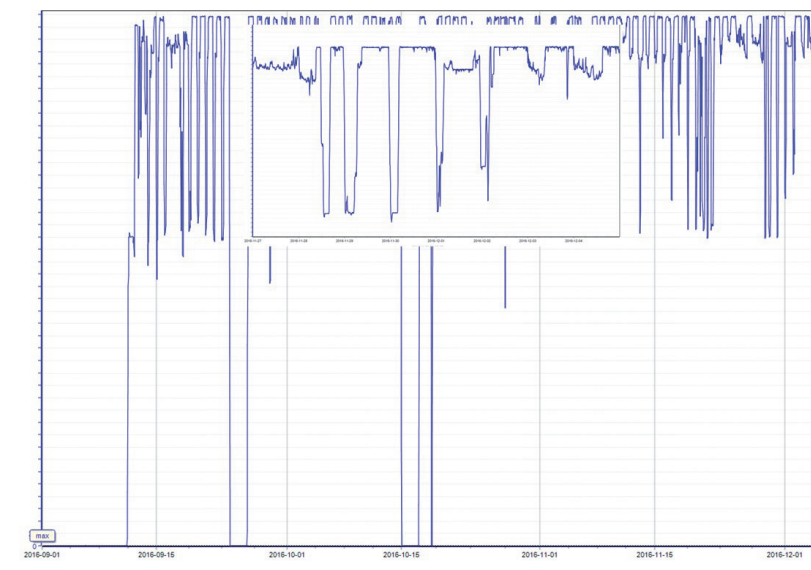
- Skojarzenie analizy awaryjności z analizą historii i warunków pracy bloku.
- Bieżąca, kompleksowa analiza indeksu głębokości/intensywności regulacji (IFO - index of flexible operation), rys.5.

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.

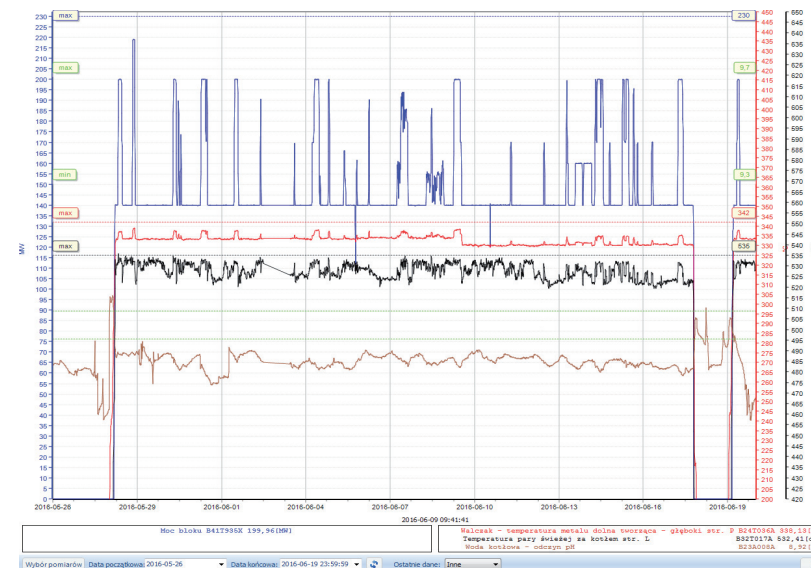
■ Diagnostyka 4.0 dla Elektrowni 4.0.

Niezależnie od rodzaju bloków energetycznych i czasu ich eksploatacji elektrownie/grupy elektrowni stały się częścią Gospodarki 4.0, zarówno „po stronie” produkcji, dystrybucji/sprzedaży, jak również „po stronie” dostawy urządzeń, serwisu (LTSA) w tym diagnostyki/bieżącej oceny stanu technicznego. Producent energii jest nie tylko powiązany z klientem w sposób pozwalający na personifikowanie sprzedaży energii, ale także innych niż energia utilities. Klient może nie tylko kupować energię ale ją także sprzedawać. Takie podejście wymusza zmiany modeli biznesowych elektrowni, często bardzo radykalnie. Elektrownia może mieć większe korzyści ze sprzedaży utilities niż energii elektrycznej. Atutem staje się przede wszystkim wysokiej jakości powiązanie z bardzo dużą liczbą klientów.

Diagnostyka zwłaszcza na blokach eksploatowanych w regulacji powinna być wykonywana w zdalnym trybie, specjalistę powinien wspierać analityk danych, informacje/dane powinny mieć postać cyfrową, przetwarzanie informacji powinno być wykonywane automatycznie, w takim samym trybie powinna być kreowana wiedza (rys.6).



Rys.4. Przykład warunków eksploatacji bloku o mocy większej niż 360 MW



Rys.5. Przykład monitorowania warunków pracy bloku w celu wyznaczenia indeksu intensywności pracy regulacyjnej IFO. Przebieg czasowy: mocy bloku synchronicznie z temperaturą metalu walcza, temperaturą pary świeżej oraz pH wody kotłowej.

W opisany wyżej sposób działają serwisy diagnostyczne (nadzory diagnostyczne) zaimplementowane na platformie informatycznej LM System PRO+® rozwijane od ponad 15 lat (rys.7).

Wersja 4.0 LM System PRO+® będzie rozwijana w kierunku^{1,9}:

- Ograniczania, aż do wyeliminowania obsługi (Reduce manual operation).
- Programów typu CMMS (Computerised Maintenance Management Systems) - tj. specjalizowanych systemów informatycznych przeznaczonych do wsparcia szeroko

rozumianego Utrzymania Ruchu w firmach produkcyjnych (nie tylko w elektrowniach).

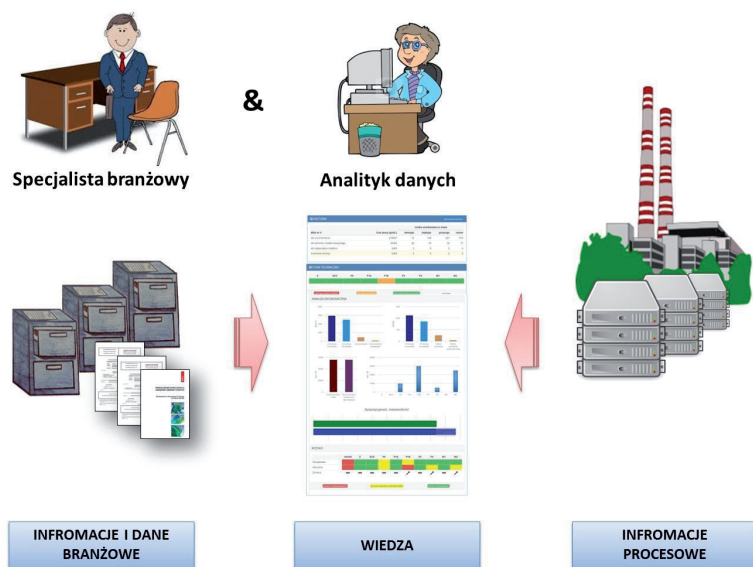
- Wykorzystania zaawansowanych algorytmów analitycznych z obszaru sztucznej inteligencji m.in.:
 - analitka Big Data,
 - automatyczne uczenie,
 - automatyczne planowanie maintenance'u - autodiagnostyka urządzeń.

W opisany wyżej sposób powstaje kompleksowy system diagnostycznego nadzoru bloków klasy 200 MW (rys.8). Pozwoli to w znacznym stopniu na automatyczne:

- wyznaczanie bieżącej wartości indeksu IFO;
- synchroniczną analizę awaryjności/dyspozycyjności, historii i warunków eksploatacji;
- predykcję uszkodzeń;
- wymianę wiedzy i doświadczeń pomiędzy użytkownikami jednej klasy bloków.

Podsumowanie i wnioski

- O bezpieczeństwie energetycznym decyduje w pierwszym rzędzie stan techniczny (dyspozycyjność) bloków i ich przydatność dla Operatora, a nie ich liczba i wielkość.
- Elastyczna praca bloku wpływa



Rys. 6. Zdalne rejestrowanie i przetwarzanie informacji oraz kreowanie wiedzy. Analityk danych wspierający branżowego specjalistę. Model zdalnej diagnostyki możliwy do realizacji w skali elektrowni i grupy elektrowni oraz w skali KSE, np. dla jednej klasy bloków energetycznych

na obniżenie trwałości, często w stopniu ograniczającym dyspozycyjność.

- Pomiędzy głębokością regulacji, ceną za energię a kosztami maintenance'u istnieje ewidentna zależność - wyrazić ją można przy pomocy indeksu IFO.
- Przedłużanie eksploatacji ponad „trwałość projektową” zwłaszcza dla bloków eksploatowanych w głębo-

kiej regulacji wymaga stosowania innej niż dotąd diagnostyki.

- Diagnostyka może i powinna wspierać zarządzanie majątkiem w sposób jaki zapewniają nowe technologie informatyczne i analityczne.
- Współczesne elektrownie to obszar Gospodarki 4.0 niezależnie od czasu pracy bloków.

□



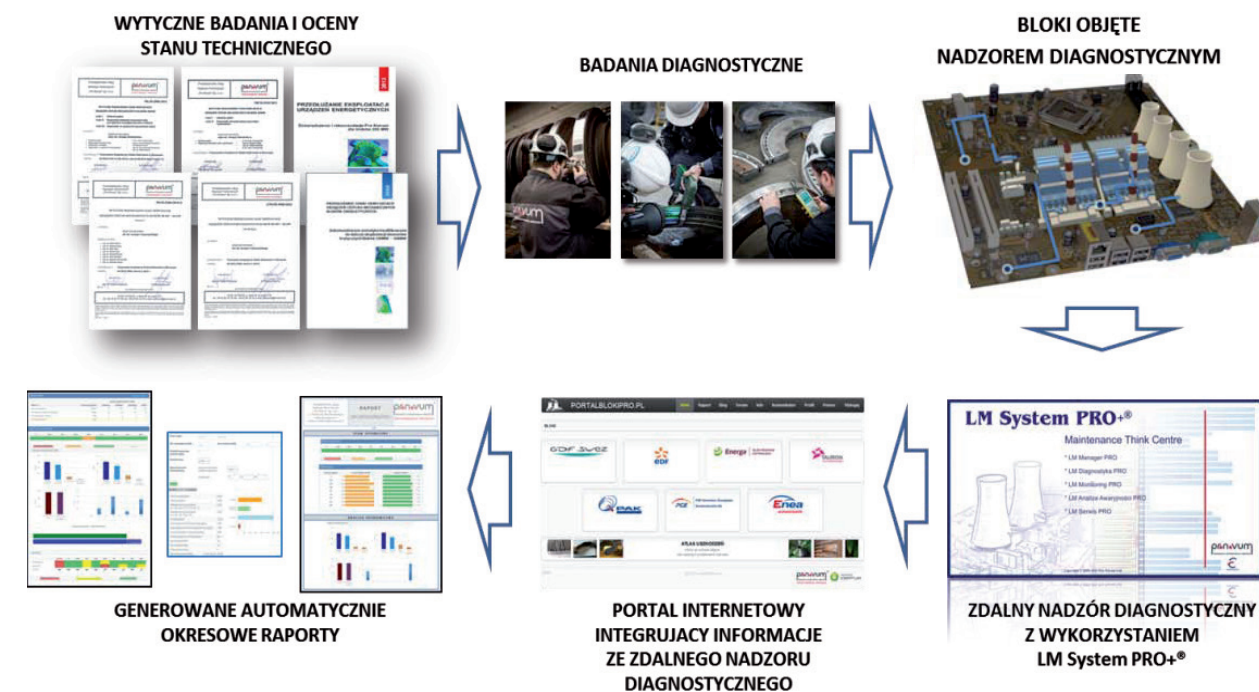
Rys.7.

Literatura

- Trzszczyński J.: Diagnostyka 4.0 wspierająca przedłużanie eksploatacji bloków 100 MW-360 MW. Dozór Techniczny 4/2017.
- Trzszczyński J.: Designed in China Assembled in Poland? Przegląd Energetyczny 1/2014.
- Trzszczyński J.: O poszukiwaniu optymalnego modelu zarządzania utrzymaniem stanu technicznego nowych i zmodernizowanych bloków energetycznych. Biuletyn Pro Novum Nr 2/2014 Energetyka. Grudzień Nr 12/2014.
- Trzszczyński J., Stanek R.: Analiza awaryjności elementów krytycznych bloków 200MW jako ważny element metodyki prognozowania trwałości. Dozór Techniczny 3/2014.
- Trzszczyński J.: Doświadczenia i zamierzenia Pro Novum związane z zastosowaniem długieksplloatowanego majątku produkcyjnego elektrowni w Polsce do pracy w perspektywie do 2030 roku.

Dozór Techniczny 1/2016.

- Trzszczyński J.: Przyszłość konwencjonalnej energetyki w Polsce. Jak współtworzymy i wdrażamy strategię energetyczną Unii Europejskiej? Energetyka. Czerwiec 2015.
- Trzszczyński 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.
- Trzszczyński J.: Aktualny stan techniczny oraz możliwości dalszej eksploatacji konwencjonalnych źródeł wytwórczych. Monografia II Kongresu Elektryki Polskiej. Tom II. Grudzień 2014 - Wrzesień 2016.
- Trzszczyński 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.



Rys. 8. Zrealizowana koncepcja systemu diagnostycznego opartego na „Wytocznych..” zaimplementowanych na platformie informatycznej LM System PRO+® wraz ze zintegrowanym w skali KSE przetwarzaniem danych i automatycznym generowaniem okresowych raportów