

10 lat doświadczeń oraz perspektywy rozwoju LM System PRO+® platformy informatycznej wspierającej utrzymanie stanu technicznego urządzeń energetycznych

10 years experience and development perspectives for LM System PRO+® – the IT platform to support maintenance of power equipment

W *Pro Novum* od dziesięciu lat jest rozwijane oprogramowanie, które kilka lat temu przybrało formę platformy informatycznej **LM System PRO+®**. Jej podstawę stanowi odpowiednio zaimplementowana diagnostyka tworzona systematycznie w *Pro Novum* od 27 lat. Towarzyszy jej zestaw programów, wyposażonych w funkcje zapewniające m.in. bezobsługową rejestrację historii eksploatacji, analizę warunków pracy oraz awaryjności. System integruje diagnostykę postojową i eksploatacyjną w sposób pozwalający na bieżącą aktualizację oceny stanu technicznego oraz weryfikację prognozy trwałości urządzeń i/lub ich elementów. System składa się z pakietów funkcjonalnych, które z kolei zbudowane są z odpowiednich modułów i funkcji. Wszystkie najważniejsze pakiety mogą funkcjonować autonomicznie, tj. niezależnie od pozostałych. System można elastycznie konfigurować, co pozwala uwzględniać szerokie spektrum potrzeb Klientów oraz podlegające ciągłej ewolucji ich oczekiwania. W tym celu powstaje ver. 3.0 Systemu wyposażona w zestaw nowych, zaawansowanych funkcji, bardziej ergonomiczne interfejsy użytkownika oraz zoptymalizowane algorytmy przetwarzania danych.

Geneza i krótka historia rozwoju oprogramowania

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. Wraz z pojawieniem się inwestorów zagranicznych zwyciężył nowy model organizacji, nie tylko integrujący elektrownie w grupy, ale także centralizujący większość ważnych dla elektrowni dziedzin działalności, w tym zarządzanie majątkiem produkcyjnym. Opisanie zmiany doprowadziły do znacznej redukcji kosztów w obszarze utrzymania stanu technicznego urządzeń [1]. Oprócz ko-

rzyści widać także zagrożenia, np. w zakresie ciągłości i jakości wiedzy korporacyjnej oraz zapewnienia bezpieczeństwa technicznego w dłuższym horyzoncie czasowym, co związane jest zarówno z odejściem z energetyki wielu doświadczonych specjalistów, jak i z brakiem narzędzi generujących bieżącą wiedzę w sposób minimalizujący ręczną obsługę.

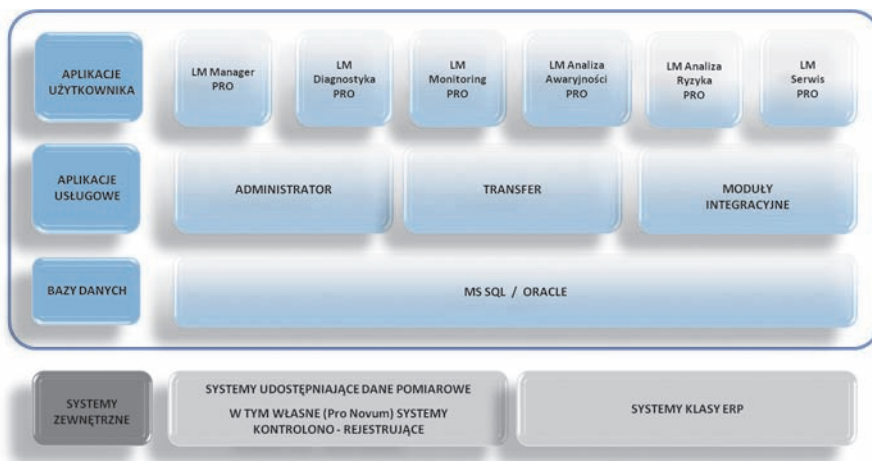
Opisane powyżej problemy wywołane zmianami organizacyjnymi w energetyce zainspirowały nas 10 lat temu – jako pierwszą firmę diagnostyczną w Polsce – do podjęcia prac nad stworzeniem systemu, który mógłby wspierać pracę specjalistów wydziałów zarządzania majątkiem. Pracując wspólnie ze specjalistami grupy *EDF Polska*, a następnie *Vattenfall Heat Poland* opracowaliśmy pierwszą wersję programu LM System PRO®. W *Elektrociepłowni Kraków* miało miejsca pierwsze wdrożenie produkcyjne Systemu, który aktualnie, w różnym zakresie i konfiguracji, funkcjonuje w elektrowniach i elektrociepłowniach prawie wszystkich grup energetycznych działających w Polsce.

LM System PRO+® był wielokrotnie prezentowany publicznie na krajowych i zagranicznych konferencjach [5,10-12] oraz bardzo często opisywany w krajowych pismach branżowych [2,4,6,7].

Trudno wyobrazić sobie dzisiaj działanie, którego nie wspiera lub nie może wspierać informatyka. W *Pro Novum* zauważyliśmy to paręnaście lat temu, a od 2004 roku rozwijamy projekt, który przybrał formę platformy informatycznej LM System PRO+® ver. 2.0. Od ponad roku powstaje jej kolejna wersja 3.0.

Zarządzanie procesem utrzymania stanu technicznego

Podstawą naszego systemu informatycznego jest diagnostyka w jej naturalnym otoczeniu [2-4]. System wspiera planowanie i zarządzanie realizacją badań. Integruje diagnostykę postojową i eksploatacyjną w sposób pozwalający na bieżącą aktualizację oceny stanu technicznego oraz weryfikację prognozy.



Rys. 1. Pakiety funkcjonalne platformy informatycznej LM System PRO+@

Aktualizacja oceny stanu technicznego oraz weryfikacja prognozy trwałości odbywa się na podstawie:

- diagnostyki postojowej,
- analizy cieplno-mechaniczno-chemicznych warunków pracy,
- analizy awaryjności.

Platforma informatyczna LM System PRO+® [4] stanowi specjalistyczne narzędzie informatyczne traktujące diagnostykę jako proces zintegrowany z procesem eksploatacji urządzeń cieplno-mechanicznych elektrowni. Zbudowana jest z pakietów funkcjonalnych, które składają się z modułów i funkcji. Niektóre pakiety funkcjonalne Systemu mogą być wykorzystywane jako odrębne aplikacje realizujące tylko niektóre funkcje lub monitorujące nietypowe problemy eksploatacyjne na podstawie wiedzy diagnostycznej (rys. 1).

Poszczególne pakiety i moduły platformy informatycznej umożliwiają:

- kreowanie i zarządzanie modelami obiektów elektrowni,
- nawigację po modelach obiektów i funkcjach,
- archiwizację i zarządzanie dokumentacją techniczną z wynikami badań oraz ocenami stanu technicznego,
- administrowanie dostępem Użytkowników (grup Użytkowników) Systemu do poszczególnych jego części i zasobów bazodanych oraz funkcjonalności;
- przegląd wiedzy – retrospekcję – o stanie technicznym,
- planowanie badań i zarządzanie ich realizacją,
- zapewnienie relacji z otoczeniem, zwłaszcza z wykonawcami badań,
- automatyczny import wyników badań i ocen stanu technicznego,
- archiwizowanie wyników badań i ocen stanu technicznego,
- aktualizację stanu technicznego elementów krytycznych oraz rur powierzchni ogrzewalnych,
- weryfikację prognozy trwałości i czasu do kolejnych badań;

LM Manager PRO

LM Diagnostyka PRO

- analizę wybranych parametrów cieplno – mechanicznych i chemicznych,
- ocenę wpływu warunków pracy na stan techniczny obiektów,
- rejestrację historii pracy urządzeń w zakresie: czasu pracy, liczby uruchomień i odstawień, wybranych informacji remontowych,
- integrację z systemami IT elektrowni/grupy elektrowni, w tym z systemami kontrolno-rejestrującymi;

LM Monitoring PRO

- rejestrację zdarzeń awaryjnych za pośrednictwem Kart Awaryjnych,
- analizę zdarzeń jw. w formie dowolnych statystyk w czasie rzeczywistym;

LM Analiza Awaryjności PRO

- bieżącą analizę prawdopodobieństwa uszkodzenia,
- bieżącą analizę wybranych wskaźników ekonomicznych,
- analizę stanu technicznego na podstawie analizy ryzyka;

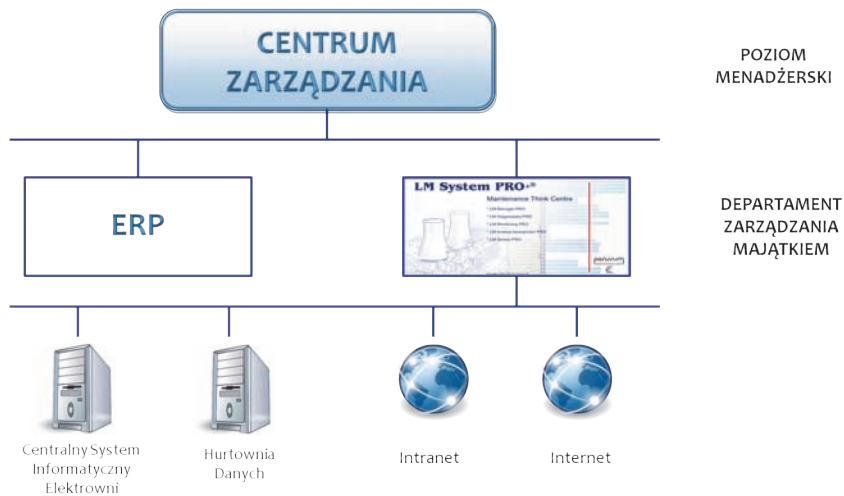
LM Analiza Ryzyka PRO

- generowanie okresowych raportów ,
- wsparcie eksperckie z wykorzystaniem raportów jw.,
- automatyczną rejestrację postojów i generowanie Karty Postojowej,
- komunikację pomiędzy Użytkownikami Systemu,
- integrację z systemami IT w *Pro Novum*.

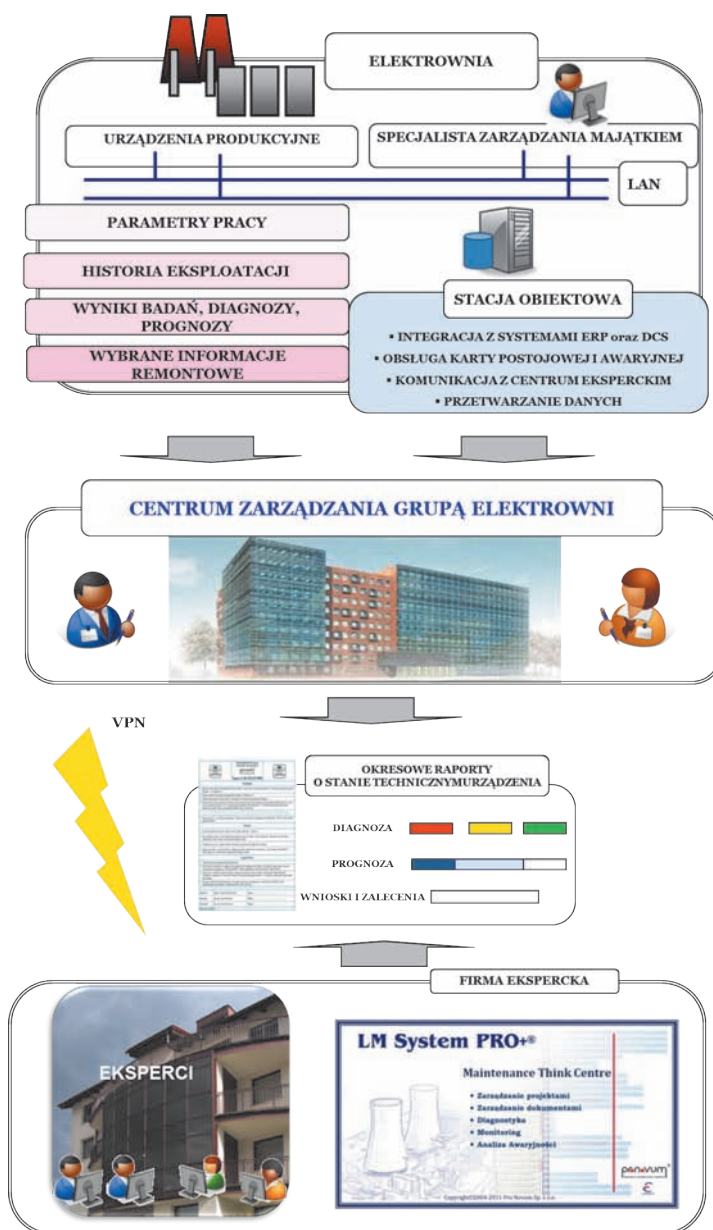
LM Serwis PRO

Od wiedzy do inteligentnego zarządzania infrastrukturą techniczną

Jednocześnie z budową Systemu znaleźliśmy optymalne miejsce dla LM System PRO+® zarówno w infrastrukturze IT elektrowni/grupy elektrowni (rys. 2), jak również w nowej organizacji grup elektrowni (rys. 3). To poziom departamentu zarządzania majątkiem/inżynierii z odpowiednią integracją z powszechnie używanymi systemami klasy ERP, które nie były i nadal nie są zorientowane na utrzymanie stanu technicznego na podstawie diagnostyki.



Rys. 2. Miejsce LM System PRO+[®] w infrastrukturze IT elektrowni/grupy elektrowni



Rys. 3. Miejsce dla LM System PRO+[®] w grupie energetycznej współpracującej z firmą diagnostyczną w zakresie zdalnego nadzoru diagnostycznego

W ciągu dziesięciu lat wdrożyliśmy System w różnym zakresie u różnych Klientów, z uwzględnieniem ich różnicowanej infrastruktury technicznej urządzeń wytwórczych, co umożliwiło opracowanie Systemu: elastycznego, dostosowanego do aktualnej organizacji grup energetycznych, uwzględniającego indywidualne potrzeby Klienta i dostosowanego do urządzeń nowych, zmodernizowanych oraz zakwalifikowanych do przedłużonej eksploatacji [7-9]. Architektura Systemu odwzorowuje strukturę obiektów elektrowni i procesów technologicznych oraz utrzymania stanu technicznego. W programie zaimplementowaliśmy nasze niemalże trzydziestoletnie doświadczenia diagnostyczne i niektóre doświadczenia firm zagranicznych.

Zaawansowane autorskie rozwiązania

Dokonyjące się zmiany modelu i organizacji zarządzania majątkiem produkcyjnym elektrowni oraz ciągła presja na redukcję kosztów utrzymania [5] wymusiły konieczność dostosowania Systemu do zmieniającej się energetyki i zaowocowały opracowaniem specjalistycznych modułów/pakietów funkcjonalnych, takich jak: Analiza Awaryjności [6] i Analiza Ryzyka (rys. 4) oraz Planowanie Remontów. Analiza awaryjności i ryzyka wykonywane są w trybie *on-line*. Bieżąca analiza danych zawartych w Kartach Awaryjnych umożliwia prezentację – w czasie rzeczywistym – wyników analizy awaryjności w ujęciu statystycznym [7], co wykorzystywane jest do bieżącej oceny

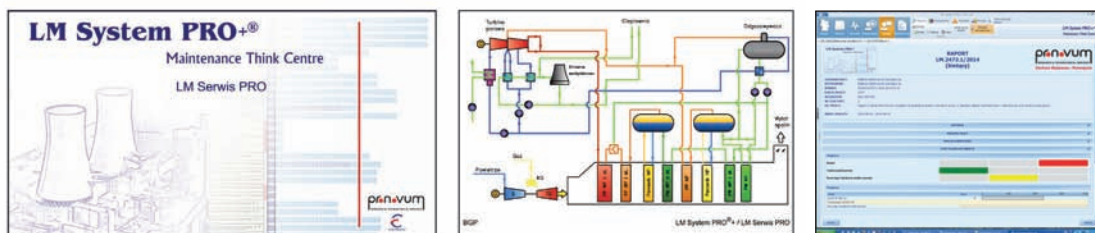
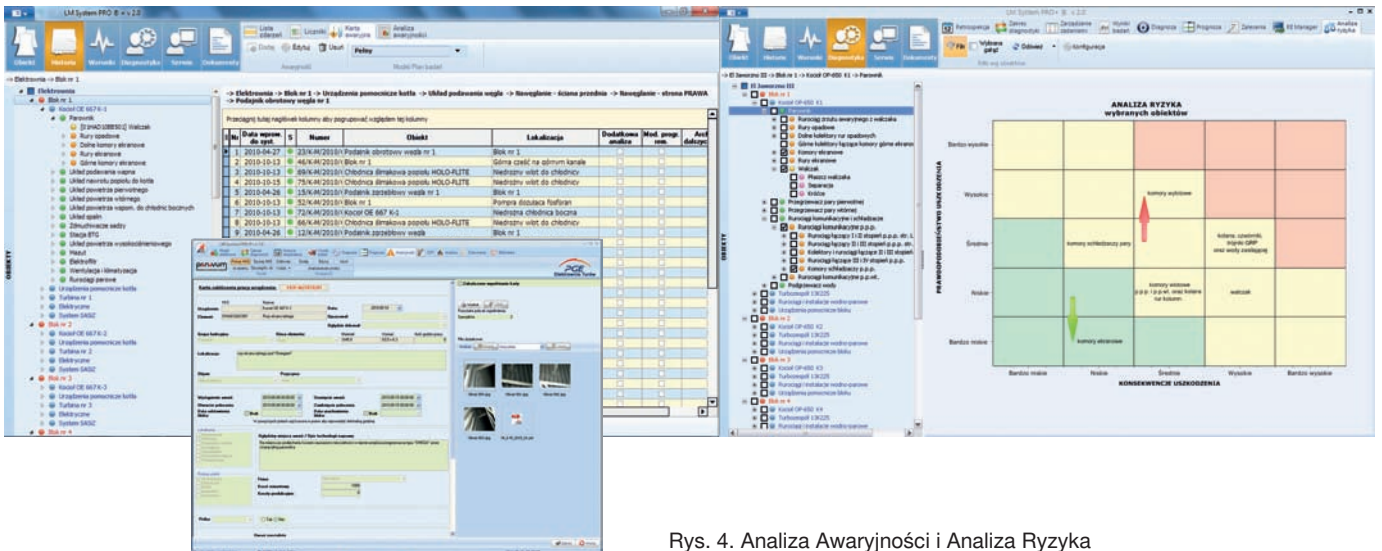
prawdopodobieństwa uszkodzenia, parametru wykorzystywanego do analizy ryzyka oraz niezawodności.

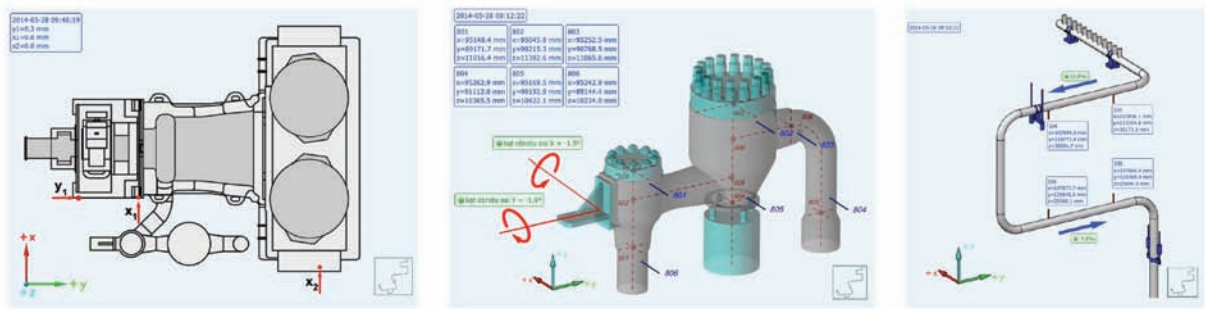
Platforma informatyczna LM System PRO+® może być wdrażana praktycznie w dowolnej konfiguracjach ograniczonych do wybranych pakietów funkcjonalnych czy wręcz poszczególnych modułów. W zależności od potrzeb i oczekiwań Klienta może monitorować stan techniczny pojedynczych elementów urządzeń, np. wirnik generatora lub całe bloki energetyczne. W jednym z wdrożeń Systemu pakiet LM Serwis PRO® nadzoruje wyłącznie stan techniczny rur parowników sześciu kotłów, a część dotycząca rejestracji i analizy zdarzeń o charakterze usterek obejmuje wszystkie węzły urządzeń ciepło-mechanicznych elektrowni.

Zdalny nadzór diagnostyczny urządzeń ciepło-mechanicznych

W 2009 roku uruchomiliśmy usługę serwisu diagnostycznego w zakresie urządzeń ciepło- mechanicznych i chemii energetycznej. Usługa ta realizowana jest za pośrednictwem pakietu funkcjonalnego LM Serwis PRO działającego w sposób autonomiczny (rys. 5).

Usługa ta ma na celu nadzór nad stanem technicznym wybranych węzłów konstrukcyjnych i/lub pojedynczych elementów urządzeń elektrowni i elektrociepłowni oraz eksperckie wsparcie na podstawie okresowo generowanych raportów. Z wykorzystaniem LM Serwis PRO monitorowane mogą być praktycznie dowolne problemy eksploatacyjne.





Rys. 6. System wyposażony w dedykowane układy kontrolno-rejestrujące i wizualizacje

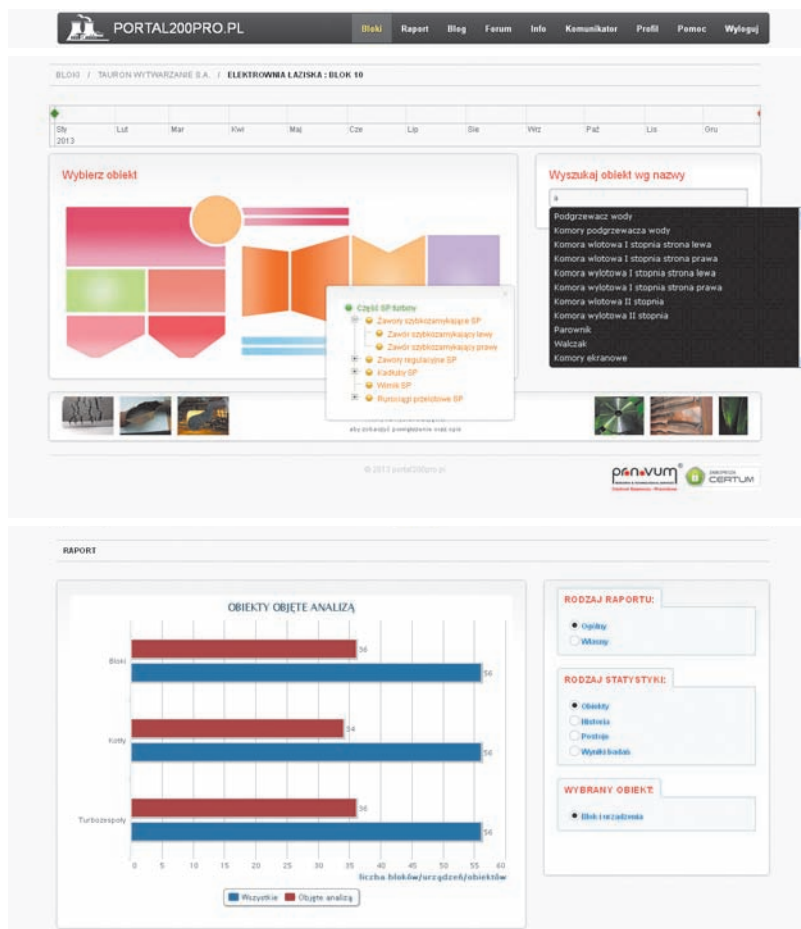
W celu podniesienia standardu i jakości usługi objęliśmy ją wewnętrzną procedurą *Pro Novum* w ramach Zintegrowanego Systemu Zarządzania o nazwie „Zdalny nadzór diagnostyczny urządzeń ciepło-mechanicznych”. Zdobyte w ten sposób doświadczenia pozwoliły na:

- pracę Systemu z różnorodnymi środowiskami informatycznymi/technicznymi,
- identyfikację zmian bieżących potrzeb Klientów,
- optymalizację algorytmów i ich testowanie w warunkach produkcyjnych,
- opracowanie nowych algorytmów analizy danych procesowych i interfejsów do ich wizualizacji (rys. 5),

- rozwój funkcjonalności oprogramowania i poprawę jego ergonomiczności,
- pozyskanie specjalistycznej wiedzy nt. warunków pracy urządzeń i ich elementów,
- rozszerzenie oferowanego przez *Pro Novum* zakresu usług,
- rozwój własnych systemów/układów kontrolno-rejestrujących (rys. 6).

System może być wdrażany w różnoraki sposób w zależności od zidentyfikowanych potrzeb u naszych Klientów, poprzez:

- zakup oprogramowania i licencji,
- udostępnianie części oprogramowania – pakietów funkcjonalnych/modułów z serwera *Pro Novum*,



Rys. 7. Portal internetowy przeznaczony do wymiany wiedzy i doświadczeń użytkowników bloków 200 MW

- usługę typu SaaS (Software as a Service) – polegającą na świadczeniu określonej usługi bez konieczności zakupu oprogramowania (licencji); Klient ponosi wyłącznie koszt świadczonej usługi.

Zaawansowane technologie informatyczne

Własne systemy pomiarowe i kontrolno-rejestrujące

LM System PRO+® integrujemy z różnorodnymi środowiskami informatycznymi. Zarówno z różnymi rodzajami systemów rejestrujących i archiwizujących dane pomiarowe, jak i z naszymi autorskimi rozwiązaniami w tym zakresie. Dostarczamy kompleksowe rozwiązania wraz z montażem i instalacją kompletnych zestawów sprzętowych i softwarowych. W niektórych wdrożeniach wykorzystujemy także, wydzielone z infrastruktury IT elektrowni dla potrzeb Systemu, wirtualne serwery. Prace wdrożeniowe, obsługa Systemu oraz realizacja usług serwisowych wymaga udostępnienia zdalnego dostępu VPN.

Źródło wiedzy i miejsce wymiany doświadczeń eksploatacyjnych

Za najbardziej zaawansowane technologicznie i intelektualnie uważamy rozwiązanie integrujące systemy diagnostyczne zainstalowane na blokach 200 MW przy pomocy portalu internetowego www.portal200pro.pl.

W ten sposób zamierzamy udostępniać usługę polegającą na wymianie informacji, wiedzy i doświadczeń użytkowników zmodernizowanych bloków 200 MW, planujących ich eksploatację ponad 300 000 godzin [3,8,9] (rys. 7). Zakładamy, że użytkownikami portalu zostaną wszystkie elektrownie wyposażone w wymieniony rodzaj bloków energetycznych. W najnowszej wersji Systemu Diagnostycznego i portalu zostaną zaimplementowane „Wytyczne przedłużania czasu eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW” [8,9]. Oferowane rozwiązanie przyczyni się do wzrostu bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków 200 MW eksploatowanych po przekroczeniu trwałości projektowej.

Podsumowanie

Praca specjalistów *Pro Novum* w okresie prawie dziesięciu lat pozwoliła na opracowanie w pełni funkcjonalnego autorskiego, inżynierskiego oprogramowania, którego podstawę stanowi diagnostyka. LM System PRO+® 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 mniejsze zespoły inżynierskie zajmujące się utrzymaniem stanu technicznego urządzeń produkcyjnych. Kolejne wersje systemu to wynik zarówno jego autonomicznego rozwoju, jak również reakcja na zmieniające się oczekiwania naszych Klientów.

Dziesięć lat temu byliśmy z naszym produktem pierwsi na polskim rynku, wydaje się, że nadal nie mamy konkurencji uwzględniając kompleksowość i praktyczną weryfikację zastosowanych rozwiązań. Jeśli będą tacy, którzy zaczną podążać w podobnym jak my kierunku potraktujemy to jako jeszcze jeden argument za sensem i użytecznością naszego oprogramowania.

Rozwijając zbudowaną przez nas platformę informatyczną LM System PRO+® stawiamy na zdalny dostęp do informacji, poprawę jakości wiedzy, mobilność, intuicyjną obsługę oraz ciągłe dostosowywanie się do potrzeb Klientów. Nasze wieloletnie doświadczenia i kreatywne rozwiązania staramy się kojarzyć z potrzebami polskiej energetyki i najnowszymi technologiami.

PIŚMIENNICTWO

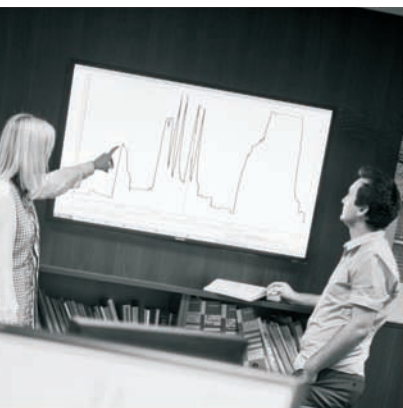
- [1] Trzeczcyński J., Murzynowski W., Stanek R.: „Zarządzanie majątkiem produkcyjnym grup elektrowni wspierane przez firmę ekspercką. Modele współpracy oraz przykłady ich realizacji”. XIII Sympozjum Informatyko – Szkoleniowe, Katowice 2011.
- [2] Trzeczcyński J., Biątek S.: „Utrzymanie stanu technicznego urządzeń energetycznych – wspierane przez system informatyczny”. Nowa Energia 2009, nr 3.
- [3] Trzeczcyński J.: „System diagnostyczny zapewniający bezpieczną pracę bloków 200 MW eksploatowanych powyżej 300 000 godzin”. Dozór Techniczny 2012, nr 12.
- [4] Trzeczcyński J., Biątek S., Murzynowski W.: „Monitorowanie stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków energetycznych przy wykorzystaniu platformy informatycznej LM System PRO+®”. Dozór Techniczny 2011, nr 5.
- [5] Trzeczcyński J., Stanek R.: „Ocena ryzyka jako wsparcie diagnostyki długo eksploatowanych urządzeń energetycznych”. XIV Sympozjum Informatyko – Szkoleniowe, Ustroń 2012.
- [6] Brunné K., Staszatek K.: „Zarządzanie wiedzą w trybie on - line o przyczynach nieszczelności rur powierzchni ogrzewalnych kotłów”. Dozór Techniczny 2013, nr 6.
- [7] Trzeczcyński J., Stanek R.: „Analiza awaryjności elementów krytycznych bloków 200 MW jako ważny element metodyki prognozowania trwałości”. Dozór Techniczny 2014, nr 3.
- [8] 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*, 2013.
- [9] 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*, 2013.
- [10] 3rd ETC Generation & Technology Workshop. Dublin, 30. 10. 2007.
- [11] ECCC Creep Conference. Zurych, 21-23.04.2009.
- [12] Ogólnopolskie Sympozja Informatyko-Szkoleniowe organizowane przez *Pro Novum*.



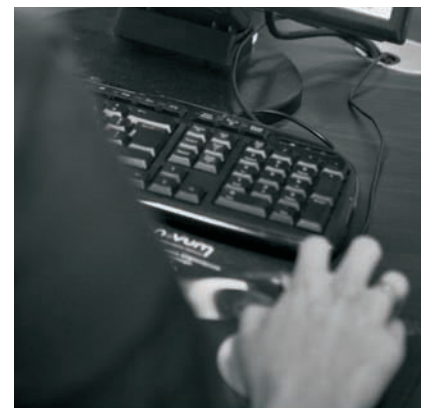
**Maintenance
Process
Management**



**od Data Mining
do Maintenance
Intelligence**



**Systemy zarządzania wiedzą
wspierające utrzymanie
stanu technicznego nowych
urządzeń energetycznych**



pronovum[®]
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES
Centrum Badawczo - Rozwojowe

Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych
„Pro Novum” Sp. z o.o.
ul. Wróbli 38, 40-534 Katowice
www.pronovum.pl