

Jerzy TRZESZCZYŃSKI

Pro Novum Sp. z o.o.

Sławomir BIAŁEK

Netinfo Sp. z o.o.

MONITOROWANIE ŻYWOTNOŚCI URZĄDZEŃ CIEPLNO-MECHANICZNYCH ELEKTROCIEPŁOWNI

STRESZCZENIE

Podejmowanie poprawnych decyzji w zakresie zarządzania majątkiem elektrociepłowni wymaga systemowo zorganizowanego zarządzania wiedzą o stanie technicznym urządzeń. System powinien zapewniać odpowiednią integrację informacji, m.in. z zakresu diagnostyki remontowej i eksploatacyjnej. Dysponowanie takim narzędziem nabiera szczególnego znaczenia dzisiaj, gdy zmiany organizacyjne w energetyce sprawiają, że wydziały zarządzania majątkiem zatrudniając mniej specjalistów mają znacznie więcej obowiązków niż istniejące wcześniej wydziały przygotowania i wykonawstwa remontów. System zarządzania wiedzą o stanie technicznym urządzeń powinien stanowić istotną część każdego systemu zarządzania elektrociepłownią. Bez takiego systemu trudno wyobrazić sobie racjonalną redukcję nakładów remontowych, w szczególności urządzeń długoeksploatowanych, które stanowią zdecydowaną większość obecnego wyposażenia elektrociepłowni.

1. WSTĘP

Niezależnie od stosowanego w elektrociepłowni systemu obsługi technicznej urządzeń wiedza nt. ich aktualnego stanu technicznego ma podstawowe znaczenie. Stan techniczny urządzenia to logicznie ze sobą powiązane informacje dotyczące:

- historii eksploatacji,
- diagnozy (diagnostyka remontowa),
- prognozy (diagnostyka remontowa i eksploatacyjna)

Systemowe gromadzenie i przetwarzanie w/w informacji w taki sposób aby w dowolnym momencie eksploatacji można było urządzeniu (elementowi) przypisać konkretny stan techniczny i prognozę eksploatacji nie jest zadaniem trywialnym. Dotychczas w energetyce polskiej nie wdrożono systemów informatycznych wspomagających rozwiązywanie tego rodzaju potrzeb elektrociepłowni, chociaż gromadzi się w bardzo indywidualny sposób informacje z badań diagnostycznych, remontów i eksploatacji. Restrukturyzacja (redukcja) zatrudnienia, przyjęcie nowej definicji roli elektrociepłowni jako miejsca produkującego wyłącznie energię elektryczną i ciepłą a kupującego wszystkie usługi związane z utrzymaniem stanu technicznego (remonty, diagnostyka) oraz mocno wyeksponowany imperatyw efektywności ekonomicznej stawiają na porządku dziennym ponownie ten problem. W referacie podjęto próbę przedstawienia najważniejszych zagadnień wiążących się z realizacją tego zadania oraz będącą w fazie wdrażania próbę rozwiązania tego problemu w polskich elektrociepłowniach Grupy Electricite de France.

Określenia „żywność” oraz „trwałość/trwałość resztkowa” autorzy traktują jako synonimy. Problematyka przedstawiona w tekście niniejszego referatu odnosi się bez istotnych zmian do urządzeń ciepło – mechanicznych elektrowni.

2. OD INFORMACJI DO WIEDZY

Łatwość generowania i rejestracji olbrzymiej liczby informacji jaką stwarzają współczesne technologie kontroli przebiegu procesów stwarza złudną nadzieję, że dysponujemy coraz większą wiedzą. Jest to nie tylko złudzenie, często oczywista naiwność. Olbrzymia liczba wyników badań i pomiarów stwarza raczej szum informacyjny, który trudno uważać za sukces. Podobnie jak w wielu innych dziedzinach ilość nie przechodzi samorzutnie w jakość. Problem ten próbują z coraz lepszym skutkiem rozwiązywać systemy generujące wiedzę oraz nią zarządzające KBS (*Knowledge Based System*). Czy można się w energetyce bez nich obejść? W dłuższym okresie czasu raczej nie [1, 3, 6]. Stosunkowo mało liczne Wydziały Zarządzania Majątkiem będą musiały zarządzać coraz większą liczbą informacji. Odejście starszej kadry inżynierskiej dysponującej indywidualną wiedzą i doświadczeniem spowoduje lukę niemożliwą niczym do zastąpienia. Ten proces jest już dzisiaj widoczny. Ich odejście uzmysłowi wyraźnie smutny fakt, że:

- Udokumentowanej wiedzy nie jest zbyt wiele,
- Wiedza jest mocno rozproszona (elektrociepłownie, firmy remontowe, firmy diagnostyczne, dostawcy urządzeń),
- Jest w postaci (dokumentacja „papierowa”) nie nadająca się bezpośrednio do cyfrowego przetwarzania,
- Jest bardzo trudna do integracji, niekompletna, opracowana wg różnych trudnych do porównania standardów itp,
- Coraz starsze urządzenia, przy coraz wyższych standardach wymagań formułowanych przez instytucje dozoru technicznego i firmy ubezpieczeniowe będą musiały być eksploatowane w warunkach często niedopuszczalnego deficytu wiedzy.

3. DLA KOGO WIEDZA O STANIE TECHNICZNYM URZĄDZEŃ?

Odpowiedź najbardziej oczywista brzmi – dla elektrociepłowni. Zdecydowanie tak ale nie tylko. Na wolnym rynku odbiorców i dostawców usług w energetyce, także dla:

- Dostawcy urządzeń – bo wykazanie potrzeby wymiany elementu, wężła konstrukcyjnego czy urządzenia jest najlepszym interesem.
- Wykonawcy remontu – bo stwarza mu możliwość poszerzenia zakresu remontu, gdy elektrociepłownia jest gotowa więcej zapłacić oraz jego zmniejszenia gdy w wyniku przetargu i negocjacji uzyskał mało atrakcyjną ocenę.
- Wykonawcy diagnostyki – bo może przekonywać o potrzebie zastosowania droższych metod badań oraz zwiększenia ich zakresu i częstotliwości.

4. ZAKRES I JAKOŚĆ WIEDZY A WYBÓR STRATEGII REMONTOWEJ

Czy nie posiadając wiedzy o stanie technicznym urządzeń można ryzykować ich eksploatację? Tak, decydując się na ich pracę do awarii, a remont traktując jako poawaryjny (*corrective maintenance*). Obecnie takie podejście traktuje się jako niedopuszczalne, w każdym razie nikt oficjalnie nie przyznaje się do tego rodzaju filozofii remontowej. Obowiązujący aktualnie standard strategii remontowej to jeden z n/w remontów prewencyjnych (*preventive maintenance*). Można, ogólnie rzecz biorąc przyjąć, że kolejne strategie wymagają większego zakresu wiedzy oraz jej wyższej jakości.

- Remonty oparte na wyborze a priori terminów obsługi technicznej (*mere-time-based maintenance*) przy założeniu, że w pierwszym i ostatnim okresie eksploatacji ryzyko wystąpienia uszkodzeń jest większe niż w środkowym (*bath tube curve*).
- Remonty oparte na aktualnym stanie technicznym urządzeń (*condition-based maintenance*). Wybór terminu i zakresu remontu dokonuje się na podstawie analizy *on-line* lub quasi *on-line* stanu technicznego obiektów.
- Remonty oparte na analizie niezawodności (*reliability centered maintenance*) w trybie jak wyżej. Metodyka łączy podejście do remontów oparte na czasie pracy, stanie technicznym urządzeń, podejściu statystycznym i jakościowej kontroli skutków awarii.
- Remonty oparte na kontroli ryzyka (*risk-based inspection*), których metodologia sprowadza się do oceny możliwej redukcji nakładów na obsługę techniczną przy zachowaniu akceptowalnych wskaźników niezawodności i dyspozycyjności oraz przestrzegania określonych przepisów i zasad [2, 5, 6].

Dzisiaj wszyscy deklarują, że interesują ich wyłącznie ostatnie trzy strategie remontowe a więc oparte o najbardziej zaawansowaną wiedzę. Na ile jest to wykonalne zadanie jeśli realistycznie przyjąć, że:

- Wiedza głównie występuje w formie indywidualnego doświadczenia poszczególnych specjalistów,
- „Bazy danych” to lepiej lub gorzej uporządkowane w szafach dokumenty,
- Zdobywanie bieżącej wiedzy odbywa się w sposób chaotyczny, niekiedy oparty na intuicji i „dobrej tradycji”.

5. DIAGNOSTYKA ŹRÓDŁEM WIEDZY?

Normalnie źródłem wiedzy o stanie technicznym urządzenia jest diagnostyka remontowa i eksploatacyjna oraz wyniki statystycznej analizy uszkodzeń [2, 5]. W jakich okolicznościach należy zachować krytycyzm co do wiarygodności informacji i rzetelności wiedzy będącej rezultatem ich analizy? Może to mieć miejsce w kilku sytuacjach, które nie są teoretyczne:

1. Kompetencje osób wykonujących diagnostykę są niewystarczające a zastosowane metody badawcze niewłaściwe.

Niewystarczające kompetencje najczęściej polegają na braku umiejętności interpretacji faktów (np. wskazań). Nie każde wskazanie jest pęknięciem, nie każde pęknięcie ma charakter eksploatacyjny, nie każde pęknięcie eksploatacyjne wymaga natychmiastowej i drastycznej interwencji.

Nieadekwatny do sytuacji wybór metody polega na tym, że metoda może mieć zarówno nadmierną jak i niewystarczającą czułość i dokładność.

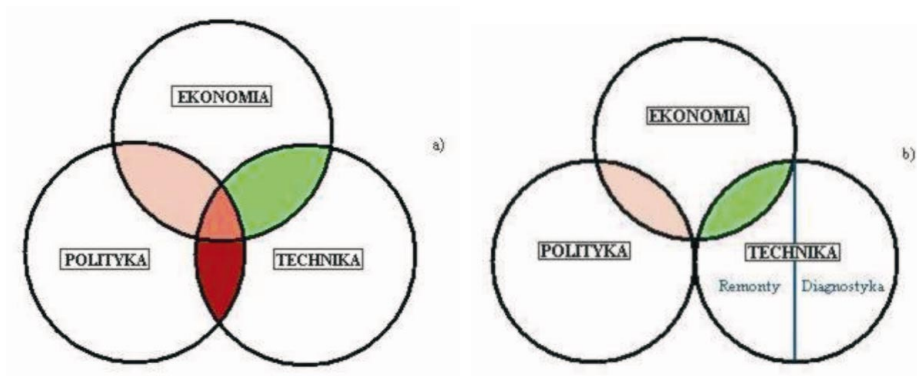
W pierwszym przypadku widzimy wprawdzie coraz więcej ale jednocześnie coraz mniej istotnych zjawisk. W ten sposób nie tyle rozwiązujemy problemy rzeczywiste co stwarzamy następne, których nie potrafimy często rozwiązać.

Na ogół w wyżej wymieniony sposób wykrywa się wady materiałowe, które egzystują od początku eksploatacji nie rozwijając się lub nieciągłości o charakterze macro- i mikropęknięć eksploatacyjnych, które można pozostawić lub usunąć w prosty i tani sposób.

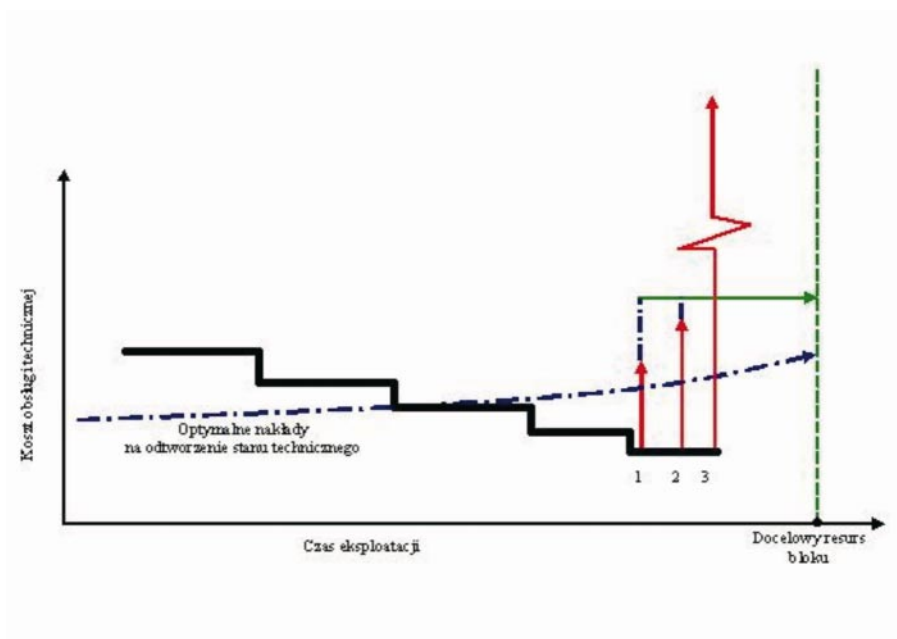
2. Polityka dominuje nie tylko nad ekonomiką ale ingeruje w technikę generując informacje, których wiarygodności nie sposób zweryfikować, a posługiwanie się nimi w analizie statycznej uszkodzeń raczej należy wykluczyć (rys. 1) [2].
3. Warunkiem przydatności diagnostyki jako źródła wiedzy na użytek zaawansowanych strategii remontowych jest jej niezależność od filozofii dostawcy i firmy remontowej. Wybór należy do użytkownika urządzeń (elektrociepłowni). Sprawa ta jest dość często ignorowana a diagnostyka sprowadza się do badań uzasadniających zakres remontu lub poświadczeń poprawnego wykonania napraw (np. spawania).
4. Nieuzasadniona, nadmierna redukcja nakładów na obsługę techniczną (remonty i diagnostykę) – rys. 2 i 3, prowadzi do sytuacji, w której firmy wykonujące remont i badania broniąc własnego interesu ekonomicznego ograniczają zakres remontu i diagnostyki oraz obniżają jakość prac. Testowaniu, z zastosowaniem „algorytmu księgowego” (rys. 2) odporności na ekstremalną redukcję nakładów towarzyszyć będzie:

- wzrost awaryjności urządzeń w dłuższym okresie czasu,
- tendencja do wzrostu liczby kosztownych napraw lub wymian elementów i węzłów konstrukcyjnych, które w starych urządzeniach i tak nie wydłużą istotnie ich resursu (rys. 2).

Ze względu na wyżej przedstawione okoliczności („algorytm księgowy”) obserwuje się tendencję do proporcjonalnej, intuicyjnej redukcji nakładów na poszczególne czynności remontowe (rys. 3) nie dostrzegając faktu, że selektywne, oparte na wiedzy podejście może być sposobem na zachowanie racjonalne, co zawsze oznacza consensus pomiędzy techniką i ekonomią [3].

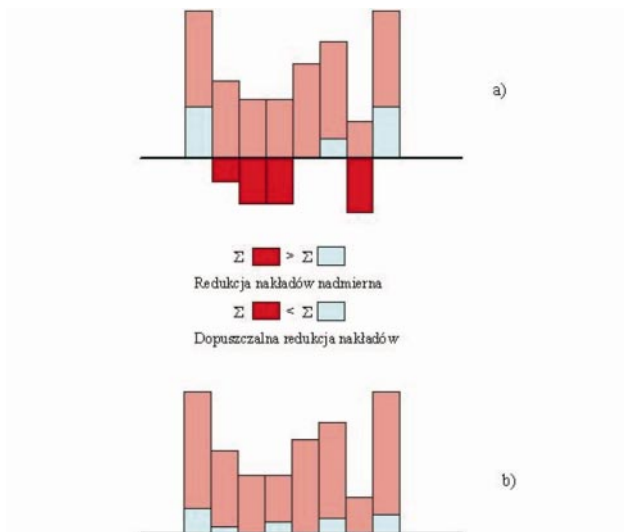


Rys.1. Poglądowe przedstawienie niewłaściwych (a) oraz poprawnych (b) relacji pomiędzy polityką, ekonomią i techniką z punktu widzenia właściwych warunków wykonywania remontów i diagnostyki.



Rys.2. Testowanie (—) dopuszczalnej granicy redukcji nakładów na obsługę techniczną bloku energetycznego.

- 1 – wzrost nakładów wynikający z potrzeby wykonania prac wcześniej zaniechanych
- 2 – wzrost nakładów wynikających z konieczności regeneracji, rewitalizacji elementu
- 3 – wzrost nakładów wynikający z potrzeby wymiany elementu lub węzła konstrukcyjnego (m.in. na skutek awarii)



Rys.3. Równomierna quasi-intuicyjna redukcja nakładów na obsługę techniczną poszczególnych węzłów konstrukcyjnych (a) oraz wybiórcza redukcja na podstawie ich stanu technicznego.

6. LM SYSTEM PRO® – KROK W KIERUNKU PORZĄDKOWANIA WIEDZY O STANIE TECHNICZNYM URZĄDZEŃ CIEPLNO-MECHANICZNYCH

6.1. Założenia

System integruje diagnostykę remontową i eksploatacyjną. Program składa się z baz danych zawierających m.in. niżej wymienione informacje:

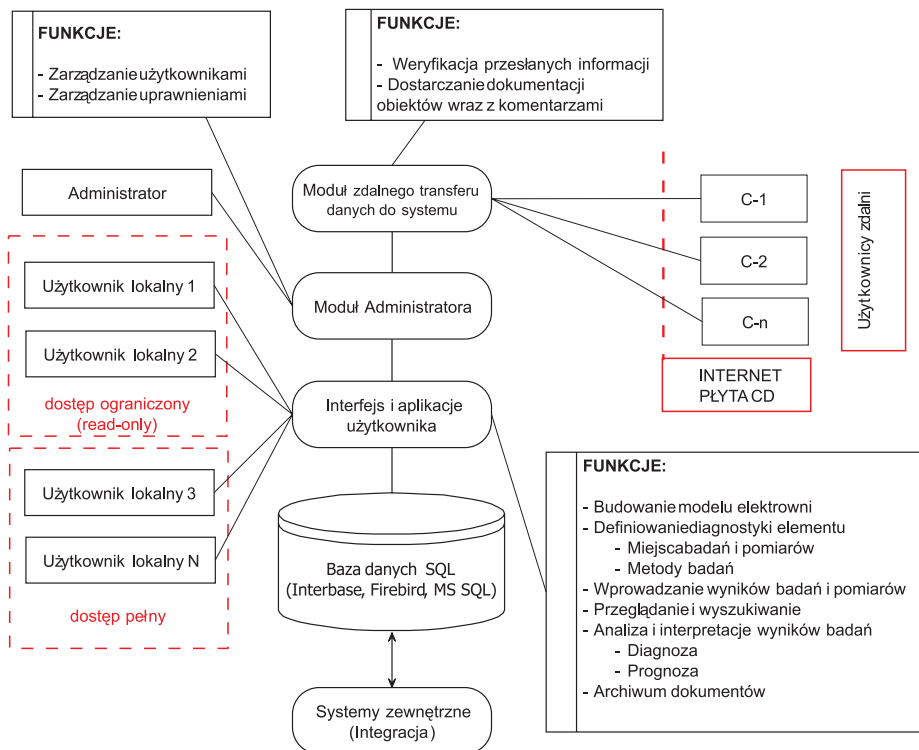
- wyniki badań i pomiarów diagnostycznych (diagnostyka remontowa),
- wyniki pomiarów eksploatacyjnych (diagnostyka eksploatacyjna),
- podstawowe informacje remontowe,
- diagnozy i prognozy,

Ponadto wyposażony jest w:

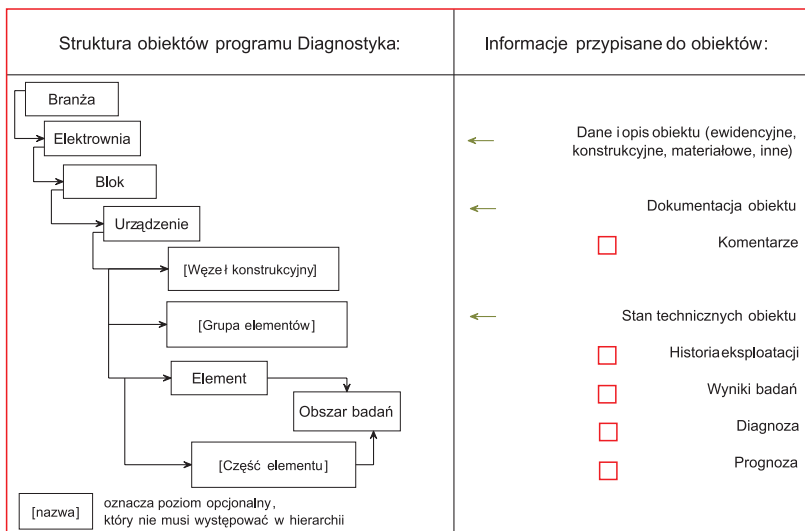
- aplikacje do rozwiązywania problemów na podstawie informacji zawartych w bazach danych,
- moduł ekspercki do weryfikacji w trybie quasi *on line* prognozy.

Ogólną charakterystykę systemu przedstawiono na rys. 4, natomiast hierarchiczną strukturę obiektów na rys. 5. Ideę realizacji i współpracy modułów DIAGNOZA i PROGNOZA przedstawiano na rys. 6.

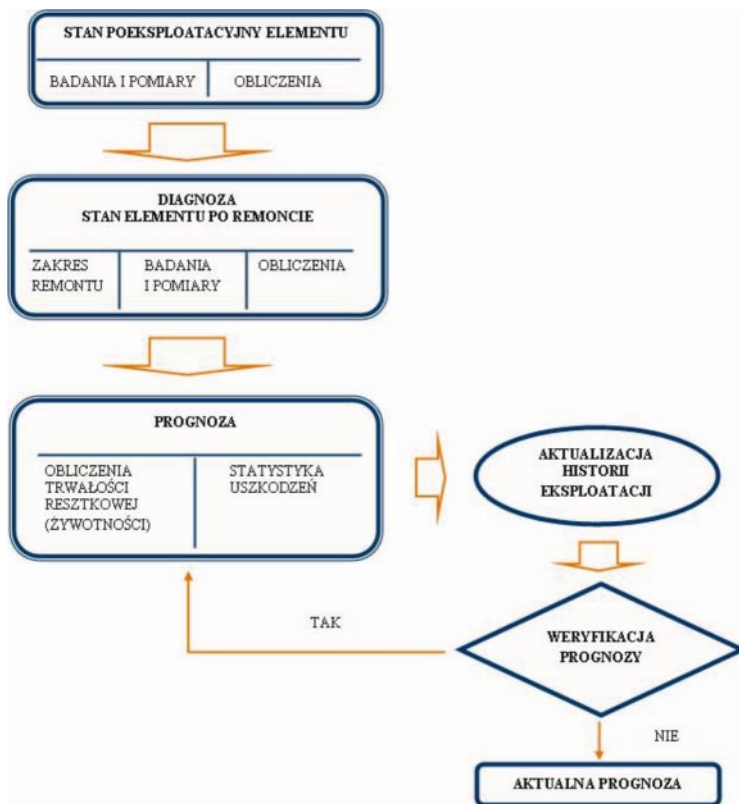
Oprogramowanie z wykorzystaniem metodologii *just-in-time* [4] dostosowane jest do indywidualnych możliwości i potrzeb elektrociepłowni.



Rys.4. Ogólna struktura programu LM SYSTEM PRO®



Rys.5. Hierarchiczna struktura obiektów programu LM SYSTEM PRO®.



Rys.6. Idea realizacji modułów DIAGNOZA i PROGNOZA.

6.2. Główne funkcje oprogramowania

Oprogramowanie LM SYSTEM PRO® wyposażono w następujące moduły funkcjonalne:

- Kreator modelu elektronii – generuje strukturę obiektów z wykorzystaniem koncepcji jak na rys. 5
- Zakres diagnostyki – zakres:
 - badań nieniszczących
 - badań niszczących
 - obliczeń
 wg doświadczeń Pro Novum.
- Historia eksploatacji – zawiera bazy danych zawierające informacje nt:
 - warunków eksploatacji,
 - postojów,
 - remontów.
- Wyniki badań – zawiera wyniki badań pomiarów, obliczeń oraz pozwala na dostęp do dokumentacji (sprawozdania, raporty, protokoły, opinie techniczne, orzeczenia, etc.) w wersji cyfrowej.
- Diagnoza – zawiera informacje nt. stanu technicznego obiektów po eksploatacji i po remoncie.
- Prognoza – zawiera prognozę eksploatacji obiektów przy uwzględnieniu ich stanu remontowego oraz moduł ekspercki weryfikujący aktualność prognozy w trybie quasi *on line*.

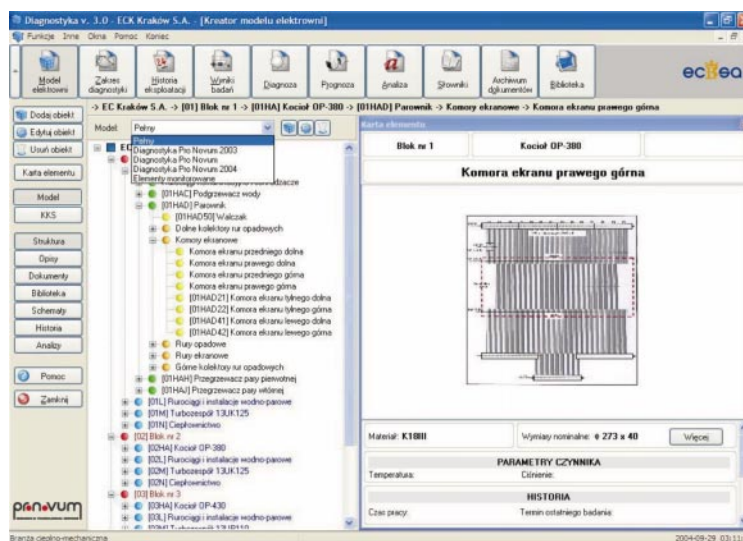
- **Analiza** – udostępnia dowolne informacje do analizy przy pomocy arkusza kalkulacyjnego Excel oraz pozwala integrować z systemem dowolną aplikację.
- **Słowniki** – zawierają listy używanych przez system określeń.
- **Archiwum dokumentów** – pozwala na dostęp do dokumentacji źródłowej w wersji cyfrowej zawierającej wyniki badań diagnostycznych.
- **Biblioteka** – zawiera dokumenty zewnętrzne (w wersji cyfrowej) i własne komentarze dołączone do systemu przez użytkownika.

6.3. Pozostałe funkcje usługowe

System posiada dodatkowo:

- moduł transferu dokumentów,
- moduł transferu (aktualizacji) zestawu danych dot. historii eksploatacji,
- moduł generujący dokumenty zawierające zakresy diagnostyki i format wyników badań, umożliwiając także integrację z systemem wypełnionego arkusza.

Wygląd głównej strony (*home page*) pozwalającej na komunikację z systemem przedstawiono na rys. 7.



Rys.7. Strona główna programu LM SYSTEM PRO®

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Planując wdrożenie zaawansowanych strategii remontowych (CBM, RCM, RBI) należy rozpocząć od uporządkowania i weryfikacji udokumentowanych informacji i wiedzy. Dla wyselekcjonowanych informacji i wiedzy należy stworzyć system, który by je gromadził i pozwalał uzupełniać aż do końca resursu urządzeń.

- Jedynym, oczywistym źródłem wiedzy o stanie technicznym obiektu jest diagnostyka remontowa i eksploatacyjna.
- Nie każdy wynik badania można traktować jak informację wartą umieszczenia w bazie danych, nie każda interpretacja (diagnoza, prognoza) ma status wiedzy.
- Nowoczesne strategie remontowe (CBM, RCM, RBI) nie można traktować wyłącznie jako narzędzia redukcji kosztów remontowych. To także metodologia wspomagająca wydłużenie czasu eksploatacji, redukcji nakładów na obsługę techniczną urządzeń w dłuższej per-

spektywie oraz rezygnacji z kosztownych i często nieuzasadnionych nakładów inwestycyjnych.

- LM SYSTEM PRO® może być użytecznym narzędziem wspomagającym wyrafinowane strategie remontowe przede wszystkim w zakresie obiektywnej analizy stanu technicznego urządzeń. Stwarza dobre warunki dla obiektywnej weryfikacji często uproszczonych i intuicyjnych argumentów strategicznych i ekonomicznych.

LITERATURA

- [1] Georg E.W. Sturm F.A.: *Effective Plant Management Through Intelligent Diagnostic In the Power Plant*. VGB Power Tech. 9/2003.
- [2] *Risk-Based Methods and the ASM handbook*. Raport ASME – C535/029/98
- [3] Manney D.A.: *Economic Optimization of Multiply Comporant Replacement Inspection in the Power System Environment*. ASME Publication PVP Vol.251, July 1993
- [4] Cockburn A.: *Just-In-Time Methodology Construction*. Humans & Technology'2003, arc@cm.org
- [5] Mc Elroy, J. Burton: *EPRI Solutions. American Electric Power. Proceedings of the seminar: Risk-Based Management of the Power Plant Equipment*. London, 21÷23 October 2003
- [6] Balistreri R., Delle Site C., Tonti: *Application of RBI in a Petrochemical Plant. Proceedings of the Conference: Probabilistic Life/Crack Assessment and Preventive Maintenance in Industrial Plant*. Cambridge Churchill Colledge, 21÷22 September 2004.