

**Sławomir ZATOR, Marek KRAWCZYK**  
POLITECHNIKA OPOLSKA, INSTYTUT ELEKTROWNI I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

## Wykorzystanie zalet interoperacyjności w tworzeniu aplikacji diagnostycznych

Dr inż. Sławomir ZATOR

Z-ca dyrektora Instytutu Elektrowni i Systemów Pomiarowych na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki. Autor ponad 120 publikacji z zakresu miernictwa przemysłowego (w tym pomiarów przepływu płynów) oraz racjonalnego wykorzystania energii.



e-mail: s.zator@po.opole.pl

Mgr inż. Marek KRAWCZYK

Ukończył studia na kierunku informatyka w Politechnice Opolskiej w 2007 r. W tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. W Instytucie Elektrowni i Systemów Pomiarowych zajmuje się diagnostyką urządzeń energetycznych, w szczególności eksploatacją i rewitalizacją parownika i przegrzewaczy pary. Odbył praktykę dyplomową w PGE Elektrowni Opole S.A.



e-mail: m.krawczyk@doktorant.po.opole.pl

### Streszczenie

Artykuł skupia się na tematyce interoperacyjności oraz wykorzystaniu jej do wspomaganego podejmowania decyzji remontowych. Przedstawione zostały zasady przeprowadzania pomiarów oraz ich niedoskonałości jak również cechy przemawiające za wykorzystaniem funkcjonalności jakie daje interoperacyjne programowanie. Zostało pokazane działanie oprogramowania na rzeczywistym obiekcie oraz wyciągnięto wnioski.

**Słowa kluczowe:** interoperacyjność, diagnostyka kotła, wizualizacja pomiarów, parownik, przegrzewacze.

### Using advantages of interoperable software in creating diagnostics applications

#### Abstract

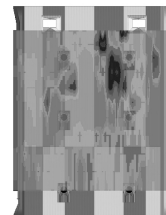
The paper presents advantages of interoperability in decision supporting applications which base on visualizing diagnostic data. There are described the basics of diagnostics, the methodology of measurements and its drawbacks. The application of the interoperable software to real conditions on the example of a boiler evaporator and selected superheater is shown and the conclusions are drawn. Using interoperability of Computer Aided Design is a new approach to the subject. Solving the problem of developing software which is both easily understandable for engineers and fast calculating proved to be quite challenging. It is described in chapter two. Large sets of data which are acquired from a real device vary from 500 to 600 measurements where interpolated data can have up to 70 000 values. Calculating such enormous numbers of data needs either extremely fast computers or very efficient algorithms and programming language. C++ provides both. On the other hand, Visual LISP is a user-friendly programming language in which one can easily look into the variable value. Using interoperability a programmer can mix two or more programming languages to create an application which has simple GUI and is efficient at the same time. Functions which process data are most useful for diagnostics and repairs. Therefore functionalities that highlight the chosen area, mark its border points, calculate the amount of the used material and even simulate degradation of the walls are helpful in rational warehouse economy.

**Keywords:** interoperability, boiler diagnostics, visualization of measurements, evaporator, superheaters.

## 1. Wstęp

Elementy cieplne urządzeń energetycznych poddawane są wpływowi wielu procesów erozyjnych i korozyjnych. W niniejszym artykule zwrócono uwagę na przegrzewacze oraz ekrany kotła BP-1150, gdzie występują wspomniane procesy. Najbardziej widocznym przypadkiem tego drugiego rodzaju procesów jest korozja niskotlenowa, która wg badań [1] jest główną przyczyną niszczenia orurowań komory paleniskowej kotła. Jej wynikiem jest malejąca grubość ścian rur ekranów kotła, co prowadzi w krytycznych sytuacjach do awaryjnych odstawień całego kotła oraz następujących po nich remontach. Należy zaznaczyć, że każdy niezaplany postój generuje straty.

Podobnie, z punktu widzenia wydziałów remontowych, sytuacja wygląda w przypadku przegrzewaczy. Tam też dochodzi do ubytków w materiale, jednak spowodowane jest to działaniem zdmuchiwaczy parowych, które wyrzucają parę wodną pod dużym ciśnieniem w celu zredukowania ilości popiołu osadzającego się na węzownicach przegrzewaczy. Skumulowane działanie dwóch czynników, jakimi są para wodna oraz popiół ma swój efekt w postaci swoistego „wycierania się” rur. Podobnie, jak w przypadku ekranów, po przekroczeniu pewnego poziomu krytycznego może to być przyczyną awaryjnego odstawienia kotła.



Rys. 1. Widok w modelu obiektowym na przednią ścianę kotła BP-1150 z warstwą diagnostyczną

Fig. 1. View of the object model focused on the boiler BP-1150 front wall with a diagnostic layer

## 2. Diagnostyka

W celu zminimalizowania kosztów wynikających z awaryjnych odstawień kotła przeprowadzane są m.in. ultradźwiękowe pomiary diagnostyczne, na podstawie których podejmowane są decyzje o wymianie elementów, których grubość zbliża się do poziomu awaryjnego. Diagnostyka ta jest jednak źródłem kosztów w postaci zysków utraconych. Należy bowiem całkowicie wystudzić kocioł, następnie oczyścić go z popiołu, a na samym końcu zlecić firmie specjalizującej się w ww. pomiarach przeprowadzenie prac na obiekcie. Aby racjonalnie gospodarować zasobami należy wybrać odpowiedni okres pomiędzy kolejnymi pomiarami według modelu, dla którego dane wejściowe mogą stanowić np. historyczne dane pomiarowe. Jako ciekawostkę można nadmienić, iż model taki zaproponował Ł. Dzierżanowski dla kotła OP-650 [2]. Na podstawie wykonanych analiz ustalono, że okresy powtarzania pomiarów, dla których uzyskuje się optymalną zależność kosztów odstawienia do kosztów diagnostyki wynoszą 2 i 3 lata. Uzyskane różnice we wskaźnikach między nimi były relatywnie małe.

Sam proces akwizycji danych (ultradźwiękowy pomiar grubości) jest poprzedzony zeszlifowaniem osadów (nagaru) z powierzchni rury ekranu kotła. Z uwagi na mechaniczną naturę procesu szlifowania uzyskany wynik pomiaru może być obarczony dużym błędem. Zależy on bowiem od umiejętności pracownika oraz miejsca pomiaru. Nieuważny (za mocny) nacisk urządzenia szlifującego może oprócz nagaru usunąć i fragment samej rury.

Często zdarza się też, iż pojawiają się miejscowe ubytki materiału spowodowane wyjątkowo wysoką korozją (wżery). W takim wypadku obowiązkiem pracownika jest zeszlifowanie powierzchni aż do momentu, kiedy będzie ona gładka. Prowadzone są już badania nad wykorzystaniem nieinwazyjnych sposobów pomiaru, lecz nie pojawiła się jeszcze ich wymagana implementacja.



Rys. 2. Zdjęcie podczas remontu parownika kotła z zaznaczonymi poziomami, dla których wykonano pomiary

Fig. 2. Picture made during repair of evaporator with marked levels for which measurements were made

Na ekranach kotła BP-1150 pomiary przeprowadzane są np. na 11 poziomach po 48 lub 52 pomiary w zależności od długości ściany. Pomiary obejmują powierzchnię ekranu między 18 a 34 metrem w pionie a wykonywane są w zależności od połowy kotła, co 10 rurek w lewej części oraz co 5 w prawej. Natomiast do przegrzewaczy musi być zastosowane inne podejście, z uwagi na ich trójwymiarowy charakter. Wynika to z faktu, iż każdy przegrzewacz jest inny nie tylko pod względem topologicznym, ale również materiałowym. Dodatkowo zdmuchiwacze pary umieszczone powyżej, poniżej lub w środku przegrzewaczy wymuszają niejako umiejscowienie punktów pomiarowych.

### 3. Programowanie interoperacyjne

Interoperacyjność jest to cecha pozwalająca wielu różnym systemom na współdziałanie ze sobą. Termin ten może się odnosić do wielu dziedzin życia począwszy od polityki, socjologii przez telekomunikację, a na informatyce kończąc. W tej ostatniej może się dalej dzielić na interoperacyjność systemów informatycznych, standardów komunikacyjnych, czy też programowania. To ostatnie ma szczególne znaczenie w zwiększaniu możliwości programów poprzez łączenie najlepszych cech różnych języków programowania. Właśnie ta zaleta została wykorzystana w oprogramowaniu wspomagającym decyzje remontowe w jednej z polskich elektrowni zawodowych [3].

Oprogramowanie to bazuje na trójwymiarowych modelach obiektowych kotłów, na które nakładane są wygenerowane półprzezroczyste bryły (w formie powłoki) obrazujące stan (grubość) danej rury. Część aplikacji została wykonana w języku Visual LISP. Argumentami przemawiającymi za tym językiem były przede wszystkim możliwość podglądania w czasie rzeczywistym zmiennych, zarówno lokalnych jak i globalnych oraz uproszczona składnia. Niestety język ten posiada jedną bardzo ważną wadę. Z uwagi na to, że aplikacja macierzysta (środowisko CAD) została napisana w C++, interpreter tłumaczy za każdym razem komendy LISP-owe do „czystego” C. Wpływa to niekorzystnie na szybkość wykonywania programu, w przypadku, gdy przetwarzane są duże zasoby danych. Pobieranie całego zestawu danych dla pojedynczego ekranu, wiążące się z koniecznością wczytania ok. 20 tys. interpolowanych pomiarów. Trwa to w LISP-ie nie mniej niż 15 minut, co dla użytkownika generującego obrazy diagnostyczne dla czterech ścian czterech kotłów jest często czasem nie do przyjęcia.

Całkowicie inaczej wygląda ta sama operacja w przypadku języka ARX, który jest rozszerzeniem C++ dla oprogramowania komputerowego wspomaganie projektowania, gdzie taki sam zestaw danych jest pobierany w przeciągu kilku sekund. Jest to natywny język macierzystej aplikacji i dzięki temu posiada największą wydajność. Obydwa języki mają zestaw komend odpowiedzialnych za wymianę informacji, więc możliwe jest przesyła-

nie danych pomiędzy nimi. Co więcej, z poziomu ARX można wywołać komendy LISP-a oraz zainicjować i zadeklarować zmienne w LISP-ie. Swobodne przechodzenie pomiędzy dwoma językami okazało się łatwe, a zarazem funkcjonalne. Jeśli dodać do tego możliwość wykorzystania innych bibliotek języka C++ (MFC), to można otrzymać narzędzie poszerzające w sposób radykalny funkcjonalność aplikacji macierzystej. Aby można było swobodnie operować zmiennymi LISP w funkcjach ARX należy je wczytać a po operacjach na nich wysłać z powrotem do LISP-a. Dzięki tym cechom wszystkie czasochłonne obliczenia wykonywane są w środowisku szybszym, a sam wynik przesyłany jest do środowiska wolniejszego, lecz bardziej przyjaznego dla użytkownika. Tylko od programisty zależy, w którym momencie dane zostaną przesłane z jednego języka do drugiego, a co za tym idzie, które dane użytkownik będzie mógł podejrzeć (wyżej wspomniana cecha Visual LISP).

Dzięki interoperacyjności można wzbogacać także graficzny interfejs użytkownika (GUI) o elementy, których nie ma w implementacji LISP-a. Ostatnią i najważniejszą cechą jest nieskończona wręcz ilość możliwości przystosowania aplikacji macierzystej do zadań, jakie są wykonywane przez użytkownika. Przyspieszenie pracy poprzez pełną lub częściową automatyzację czynności, zgromadzenie w jednym miejscu najczęściej wykonywanych komend, automatyczna interpretacja informacji na podstawie danych wejściowych, to tylko niektóre z funkcjonalności zaimplementowanych w opisywanym oprogramowaniu.

### 4. Wnioski

Interoperacyjność wpływa głównie na poszerzenie funkcjonalności programów. Począwszy od bardziej przyjaznego użytkownikowi interfejsu, po możliwości wydajniejszego przetwarzania dużych zbiorów danych. W wielu przypadkach możliwości są ograniczone jedynie przez koncepcje jednego programisty, ale w zasadzie mogą być nieustannie rozwijane także przez innych.

Dla potrzeb diagnostyki i remontów najbardziej przydatne okazują się funkcje przetwarzające dane na różne możliwe sposoby. Może to być zaznaczanie obszaru wymagającego wymiany, wyznaczanie jego punktów granicznych (rys. 3.), obliczanie jego pola z automatycznym obliczeniem ilości zużytego materiału (rury ekranów wymieniane są w pakietach 2- lub 4-metrowych po 5, 10 lub 15 rur), co jest przydatne w efektywnej gospodarce magazynowej. Bardziej wyrafinowanym sposobem wykorzystania danych może być symulacja degradacji parowników kotła lub przegrzewaczy pozwalająca prognozować konieczne remonty. Wszystkie wyżej wspomniane funkcjonalności zostały zaimplementowane w oprogramowaniu i wdrożone w jednej z elektrowni [4]. Dodatkowym atutem stworzonej aplikacji jest także możliwość graficznej prezentacji danych kadrze zarządzającej (rys. 1.).

### 5. Literatura

- [1] M. Pronobis, S. Kalisz, R. Ostrowski, B. Hernik, R. Wejkowski, J. Kosalka, J. Wrona, S. Gruszka, A. Herod, G. Boryczko: Zapobieganie korozji niskotlenowej w różnych układach spalania niskoemisyjnego, *Energetyka*, nr 11, 2004.
- [2] Ł. Dzierżanowski, M. Tomaszewski: Matching the metrological databases with deterioration areas with the diagnostic data based on the OP-650 powerboiler shields example. XIII Konferencja Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice. Poznań, 2008.
- [3] M. Krawczyk: Przykład wykorzystania interoperacyjnego oprogramowania. *Zeszyty naukowe Politechniki Opolskiej Nr 326/2008 seria Elektryka z.61. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2008.*
- [4] Z. Kabza, S. Zator, L. J. Kwiatkowski, M. Krawczyk: Raport z wykonania pracy zleconej p.t.: System kompleksowego wsparcia decyzji modernizacyjno-remontowych parownika i przegrzewaczy kotła BP-1150. Etapy 1-4. Opole, 2004-2008.