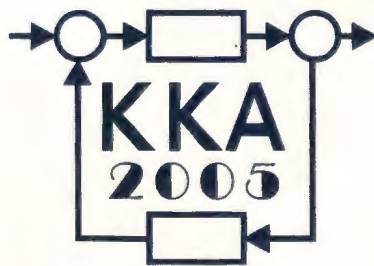


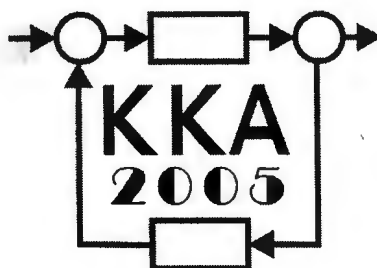
XV Krajowa Konferencja Automatyki

Tom II



**Redaktorzy:
Zdzisław Bubnicki
Roman Kulikowski
Janusz Kacprzyk**

XV Krajowa Konferencja Automatyki Tom II



Redaktorzy:
Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓLORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

ORGANIZATOR

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

WSPÓLORGANIZATORZY

Politechnika Warszawska
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

KOMITET PROGRAMOWY

Przewodniczący	Zdzisław BUBNICKI
Zastępca Przewodniczącego	Roman KULIKOWSKI

CZŁONKOWIE

Stanisław BAŃKA	Michał BIAŁKO
Mikołaj BUSŁOWICZ	Władysław FINDEISEN
Ryszard GESSING	Henryk GÓRECKI
Jakub GUTENBAUM	Jerzy JÓZEFczyk
Stanisław KACZANOWSKI	Tadeusz KACZOREK
Janusz KACPRZYK	Jerzy KLAMKA
Józef KORBICZ	Zbigniew KOWALSKI
Krzysztof KOZŁOWSKI	Juliusz L. KULIKOWSKI
Krzysztof KUŹMIŃSKI	Kazimierz MALANOWSKI
Krzysztof MALINOWSKI	Wojciech MITKOWSKI
Antoni NIEDERLIŃSKI	Władysław PEŁCZEWSKI
Tadeusz PUCHAŁKA	Leszek RUTKOWSKI
Stanisław SKOCZOWSKI	Roman SŁOWIŃSKI
Jerzy ŚWIĄTEK	Andrzej ŚWIERNIAK
Ryszard TADEUSIEWICZ	Piotr TATJEWSKI
Krzysztof TCHOŃ	Leszek TRYBUS
Jan WĘGLARZ	Andrzej P. WIERZBICKI

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący	Roman KULIKOWSKI
Zastępcy Przewodniczącego	Janusz KACPRZYK
	Stanisław KACZANOWSKI
	Tadeusz KACZOREK
	Krzysztof MALINOWSKI
Członkowie	Roman OSTROWSKI
	Tadeusz PUCHAŁKA
	Dariusz WAGNER
Sekretarze naukowci	Jan STUDZIŃSKI
	Jan W. OWSIŃSKI

ISBN 83-89475-01-4

Copyright © Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
All rights reserved

Druk: ARGRAF, Warszawa

TECHNIKA SYSTEMÓW – DIAGNOSTYKA

DIAGNOSTYKA PROCESÓW W STRUKTURZE ZDECENTRALIZOWANEJ

Paweł WNUK*, Michał SYFERT**

Politechnika Warszawska, Instytut Automatyki i Robotyki
ul. Św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa, e-mail: *(p.wnuk)**(m.syfert)@mchtr.pw.edu.pl

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wybrane zagadnienia związane z tworzeniem rozproszonych systemów diagnostycznych dla złożonych procesów przemysłowych. Zaprezentowano także strukturę oraz ogólne właściwości systemu diagnostycznego AMandD, który powstał w ramach projektu UE „CHEM”. System ten posiada wiele cech pozwalających na zakwalifikowanie go do omawianej grupy systemów.

Słowa kluczowe: Systemy diagnostyczne, procesy przemysłowe, systemy rozproszone, systemy wspomagania decyzji

1. WSTĘP

Współczesne systemy sterowania i monitorowania procesów przemysłowych coraz częściej realizują bardziej zaawansowane funkcje, wykraczające poza tradycyjny zakres związany z realizacją algorytmów sterowania, zbierania, archiwizowania i wizualizacji zmiennych procesowych, zarządzania alarmami lub generowania podstawowych raportów dotyczących poziomu i jakości produkcji. Do nowo realizowanych zadań zalicza się przykładowo diagnostykę urządzeń automatyki i procesu, zaawansowaną optymalizację czy wykorzystanie symulatorów procesu. Jednocześnie można zaobserwować znaczny wzrost złożoności systemów, szczególnie w warstwie przetwarzania informacji. Dla osób prowadzących proces (zarówno na poziomie operatorów automatyki jak i specjalistów do spraw wdrożeń i remontów, dyrektorów, itd.) dostępnych jest coraz więcej źródeł informacji różniących się stopniem szczegółowości i poziomem rozproszenia (aparatury technologicznej, dział, ciąg technologiczny).

W artykule poruszono wybrane problemy związane z projektowaniem i uruchamianiem systemów (modułów) diagnostycznych procesów przemysłowych, które powinny stanowić część złożonego systemu wspomagania decyzji stanowiącego rozszerzenie tradycyjnego systemu sterowania i monitorowania procesów. Skoncentrowano się na problemie integracji różnych źródeł wiedzy o stanie procesu połączonego z potrzebą prowadzenia wnioskowania diagnostycznego w strukturze rozproszonej. Niniejszy artykuł jest pewnego rodzaju podsumowaniem prac badawczych i wdrożeniowych projektu CHEM – „Advanced Decision Support System

for Chemical and Petrochemical Industry” [2] realizowanego w latach 2001-2004, w ramach 6 Programu Ramowego Unii Europejskiej. Projekt ten poświęcony był projektowaniu środowiska i algorytmów złożonego systemu wspomagania decyzji w przemyśle chemicznym i petrochemicznym. Pomimo wyraźnego ukierunkowania na wyżej wspomniane gałęzie przemysłu, w trakcie projektu opracowano standardy i systemy mające ogólny charakter i nadające się do implementacji także w innych dziedzinach.

2. SPECYFIKA DIAGNOSTYKI ZŁOŻONYCH PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

Poniżej podano kilka wybranych elementów wpływających na specyfikę diagnostyki złożonych procesów przemysłowych. Poruszono te zagadnienia, które, według autorów, mają aktualnie największy wpływ na kształtowanie się zaawansowanych systemów monitorowania i diagnostyki procesów (dalej ZMiD).

Złożoność systemów sterowania oraz uwarunkowania ekonomiczne. Złożone procesy przemysłowe są w coraz większym stopniu nasycone urządzeniami automatyki. Instalacje technologiczne dużej skali składają się z kilku – kilkudziesięciu urządzeń procesowych nadzorowanych i sterowanych poprzez wielokrotnie większą liczbę urządzeń automatyki, poczynając od prostych czujników pomiarowych, a kończąc na komputerach wchodzących w skład systemów nadzoru instalacji. Skala nagromadzenia elementów automatyki i ich wzajemne interakcje powodują, że pomimo wzrostu niezawodności poszczególnych urządzeń ryzyko poważnych uszkodzeń nie maleje. Nie można także pominąć dużej zmienności struktury procesu w czasie eksploatacji: poszczególne części instalacji mogą być wyłączone lub włączone, zmienia się zbiór urządzeń pomiarowych, itp.

Jednocześnie wymogi współczesnego rynku powodują ograniczenie liczby zatrudnionych osób nadzoru oraz przeglądów remontowych do niezbędnego minimum, przy jednoczesnym wydłużeniu czasu pracy instalacji oraz prowadzenia procesu w okolicach maksymalnej wydajności instalacji. Wspomniane fakty powodują

wymaganie maksymalnie elastycznej i autonomicznej pracy systemu ZMiD.

Zbiory archiwalne zmiennych procesowych, modele procesu. Komputerowe systemy automatyki tworzą archiwa zmiennych procesowych, które można wykorzystać zarówno do identyfikacji modeli poszczególnych urządzeń, jak i dostrajania modeli fizykochemicznych. Rosnąca moc obliczeniowa komputerów pozwala na stosowanie w identyfikacji sztucznych sieci neuronowych i logiki rozmytej do budowy dużej liczby modeli o zaawansowanej strukturze. Jednocześnie wzrasta zastosowanie symulatorów procesu, np. w procesie szkolenia operatorów. Symulatory takie coraz częściej otrzymywane są w ramach zawieranych kontraktów na budowę instalacji. Inną grupą stanowią modele procesu wykorzystywane w algorytmach optymalizacji.

Różne źródła wiedzy o procesie. Istnieje dużo różnych źródeł wiedzy o procesie, które mogą być przydatne w systemie zaawansowanego monitorowania i diagnozowania. Coraz więcej informacji jest dostępne na drodze transmisji cyfrowej, w formie, która może być bezpośrednio wykorzystana w półautomatycznym lub automatycznym procesie konfiguracji systemów ZMiD. Do takich informacji można zaliczyć projekty instalacji oraz oprzyrządowania (Process & Instrumentation Diagram), informacje z inteligentnych urządzeń automatyki (także posiadających wbudowane elementy diagnostyki), bazy danych urządzeń procesowych, opracowaną analizę zagrożeń (HAZOP) dla instalacji niebezpiecznych, itp.

3. WYMAGANIA STAWIANE ZAAWANSOWANYM SYSTEMOM DIAGNOSTYCZNYM

Diagnostyka w tradycyjnych systemach sterowania i monitorowania w zasadzie ogranicza się do dwóch głównych zadań: obsługi systemu alarmowego ostrzegającego operatorów o nieprawidłowych stanach procesu bez podania ich przyczyny, oraz systemu blokad zabezpieczającego instalację przed zniszczeniem poprzez jej bezpieczne odstawienie. Wydaje się, że wykorzystanie dostępnej obecnie wiedzy o procesie w połączeniu z nowymi możliwościami technicznymi oraz odpowiednio dobraną architekturą systemu diagnostycznego pozwoliłoby w sposób znaczący minimalizować negatywne skutki występujących uszkodzeń lub wręcz je eliminować. W prezentowanych wymaganiach stawianych skupiono się na problemach związanych z integracją różnych źródeł wiedzy o procesie, potrzebą decentralizacji wnioskowania, co do stanu procesu oraz metod rozpowszechniania i prezentacji diagnoz.

3.1. Integracja źródeł wiedzy diagnostycznej

System ZMiD powinien posiadać możliwość możliwie szerokiego wykorzystania informacji pochodzącej z różnego rodzaju źródeł wspomnianych w punkcie 2. Jeden z możliwych podziałów źródeł wiedzy o stanie procesu (implikujących różne typy realizowanych testów diagnostycznych) przedstawiono w poniżej.

Bieżąca analiza zmiennych procesowych. Do tej grupy można zaliczyć „klasyczne” źródła wiedzy o procesie oraz metody jej przetwarzania stosowane już od kilkunastu lat w proponowanych schematach systemów diagnostycznych, np: redundancja sprzętowa czujników pomiarowych, analiza statystyczna sygnałów i związków pomiędzy nimi (np. metoda PCA), wykorzystanie równań parzystości i banków obserwatorów, itd.

Na szczególną uwagę zasługują testy diagnostyczne wykorzystujące zarówno proste, jak i bardziej złożone zależności heurystyczne pomiędzy zmiennymi procesowymi, np. analiza gradientu temperatur w kolumnach i piecach, gradient spadku ciśnienia w rurociągach czy bilansowanie strumieni mediów. Zależności tego typu są często niedoceniane i pomijane przy tworzeniu systemów diagnostycznych. Tymczasem doświadczenie projektowe wskazuje, iż stanowią one bardzo istotne i pewne źródło informacji o stanie procesu i występujących w nim uszkodzeniach. Wiedza o tego typu związkach jest często w posiadaniu technologów, automatyków i operatorów procesu. Ciekawym i nie do końca rozwiązaniem jest projektowanie i dostarczanie odpowiednich narzędzi służących do zbierania tej wiedzy i jej automatycznego wykorzystania.

Na uwagę zasługuje także wykorzystanie modeli cząstkowych wybranych urządzeń i fragmentów instalacji przemysłowej oraz poszczególnych sygnałów. Wykorzystywane mogą być różnego typu modele począwszy od modeli budowanych na podstawie zależności fizykochemicznych czy równań bilansowych, a skończywszy na sztucznych sieciach neuronowych. System diagnostyczny wykorzystuje modele do śledzenia przebiegu zmiennych procesowych. Pojawienie się znaczących różnic pomiędzy wartościami zmiennych procesowych a wyjściami modeli cząstkowych może być sygnałem wskazującym na wystąpienie uszkodzenia. Szczególnie ciekawe jest zastosowanie technik pozwalających na modelowanie związku pomiędzy sygnałami bez znajomości jego matematycznej postaci, jedynie wykorzystując zbiory archiwalnych zmiennych procesowych. W takim przypadku możliwe jest utworzenie modelu jednego sygnału (wyjściowego) w oparciu o jeden bądź więcej sygnałów wejściowych przy wykorzystaniu identyfikacji. Współczesne procedury identyfikacyjne oraz oprogramowanie je implementujące pozwala uzyskiwać dynamiczne i statyczne modele różnych typów (liniowe, wielomianowe, rozmyte, neuronowe). Rozwój tej dziedziny wiedzy w połączeniu ze wzrostem mocy obliczeniowej komputerów powoduje coraz większą automatyzację samego procesu identyfikacji, co przekłada się na możliwość uzyskiwania w drodze identyfikacji nie tylko parametrów, ale również struktury poszczególnych modeli cząstkowych czy nawet automatycznego doboru wejść do modelu [1].

Modele instalacji tworzone do innych zadań niż diagnostyka. Czasami dostępne są modele instalacji (procesu) tworzone pierwotnie dla innych potrzeb niż diagnostyka. Są to zwykle modele globalne, pokrywające cały proces lub jego większą część. Są one wykorzystywane, np. do różnorodnych procedur optymalizacyj-

nych, testowania algorytmów regulacji czy szkolenia operatorów. Modele takie mogą być także wykorzystane dla potrzeb diagnostyki. Po dostrojeniu ich parametrów, wyjście (wyjścia) z modelu można wykorzystywać podobnie jak wyjścia modeli cząstkowych. Przy czym, ponieważ model już istnieje, nie zachodzi potrzeba jego identyfikacji, a co za tym idzie, potrzeba posiadania zbiorów danych identyfikujących pokrywających cały zakres zmienności modelowanych sygnałów. Zwykle modele takie są mniej dokładne niż modele uzyskiwane w procesie identyfikacji, ale w zamian bardziej ogólne, tzn. są w stanie opisać pracę instalacji w każdym stanie, włączając w to np. uruchomienie.

Inteligentne urządzenia automatyki. Nowoczesne urządzenia automatyki są coraz częściej wyposażane w układy diagnostyki własnej, często także i pewnego fragmentu procesu, w którym pracują (np. układ regulacji, zawór regulacyjny i czujniki). Nowoczesne protokoły komunikacyjne, takie jak FieldBus czy ModBus umożliwiają przekazywanie takiej informacji do systemu zarządzania i nadzorowania procesem czy do systemu ZMiD. Dzięki temu jest możliwe śledzenie wykrytego uszkodzenia oraz analiza jego wpływu na inne fragmenty procesu.

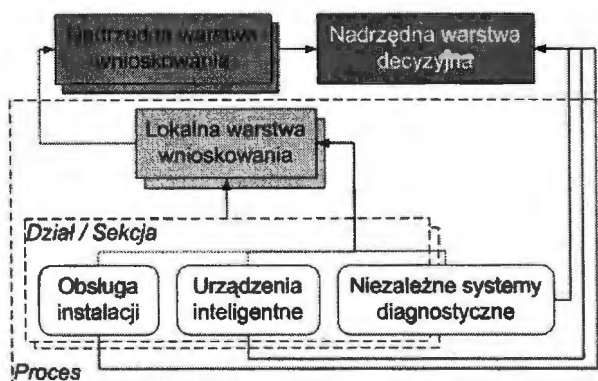
Informacje z niezależnych (specjalizowanych) systemów diagnostycznych. Czasami w zakładzie działają niezależne systemy (lub moduły systemów automatyki) realizujące pewne zadania diagnostyczne. Są to zwykle systemy wyspecjalizowane, obejmujące swoim działaniem ograniczone fragmenty instalacji lub wybrane rodzaje urządzeń. Przykładem może być system diagnostyki monitorujący pracę inteligentnych zaworów danej producenta, system diagnostyczny kotła bloku energetycznego lub procedury diagnostyczne realizowane w systemach DCS (diagnostyki własnej, jak i zaprojektowane przez użytkownika elementy diagnostyki procesu). Informacja diagnostyczna wypracowana przez te systemy jest zwykle bardzo precyzyjna i nie może być pominięta na etapie formułowania ogólnej diagnozy, co do stanu procesu.

Informacje pochodzące od obsługi instalacji. Złożone procesy przemysłowe prawie nigdy nie są w stanie pełnej sprawności i nie pracują w swojej nominalnej konfiguracji. Istnieje konieczność umożliwienia ręcznego (lub automatycznego poprzez komunikację z systemem sterowania) wprowadzenia informacji o konfiguracji procesu oraz obecnych uszkodzeniach (niesprawnych podzespołach, czujnikach, itp.) do systemu ZMiD. Wykorzystanie informacji pochodzącej od obsługi procesu pozwala znacznie uprościć strukturę algorytmów diagnostycznych i zwiększyć poprawność i dokładność wypracowywanych diagnoz dla konkretnej konfiguracji diagnozowanego procesu.

3.2. Wnioskowanie w strukturze zdecentralizowanej i hierarchicznej

Duże zakłady przemysłowe najczęściej składają się z wielu różnych, aczkolwiek silnie ze sobą powiązanych, instalacji. Powoduje to, że symptomy uszkodzeń powstałych w jednym podobiekcie mogą być obserwowane także w innych sprzężonych

wane także w innych sprzężonych podobiektach [5]. Nie pozwala to na ich zupełnie rozłączne monitorowanie i diagnozowanie. System diagnostyczny powinien umożliwiać stworzenie elastycznej, hierarchicznej i jednocześnie zdecentralizowanej struktury odpowiadającej strukturze procesu oraz systemu automatyki.



Rys. 1. Hierarchiczna struktura systemu diagnostycznego oraz różne źródła wiedzy o stanie procesu.

Decentralizacja struktury wnioskowania pozwala na prowadzenie, w miarę niezależne, wnioskowania co do stanu poszczególnych instalacji przez poszczególne podsystemy diagnostyczne (lokalne warstwy wnioskowania, rys. 3). W podsystemach takich zwykle możliwe jest wypracowanie bardziej pewnej (choć nie zawsze bardziej precyzyjnej) diagnozy niż dla bardziej złożonych procesów [3],[15]. Dla mniejszych obiektów bardziej uzasadnione jest przyjęcie założenia o występowaniu wyłącznie uszkodzeń pojedynczych [4] (często stosowane w praktyce) oraz ogranicza się wpływ powstałych uszkodzeń na zdolność realizacji funkcji diagnostycznych. Dodatkowo, decentralizacja pozwala na rozdzielenie funkcji diagnostycznych na wiele równoległych pracujących jednostek komputerowych w celu zmniejszenia nakładów obliczeniowych.

Dodatkowe warstwy wnioskowania w strukturze hierarchicznej (nadrzędna warstwa wnioskowania oraz nadrzędna warstwa decyzyjna, rys. 3) pozwalają na uwzględnienie powiązań pomiędzy poszczególnymi obiektami składowymi w celu wypracowania bardziej pewnej i precyzyjnej diagnozy dla całego ciągu technologicznego. Warstwy wyższe struktury pozwalają na integrację informacji diagnostycznej o różnym stopniu szczególności, pochodzącej z różnych źródeł.

Elastyczność struktury oznacza możliwość uwzględniania różnego rodzaju informacji diagnostycznej pochodzącej z różnych źródeł oraz jej integrację z bazami danych zawierającymi dokumentację urządzeń, procedury postępowania, diagramy procesu, itp.

3.3. Rozpowszechnianie diagnoz

Rola systemu diagnostycznego nie powinna ograniczać się do detekcji, lokalizacji i ewentualnie identyfikacji uszkodzeń. Bardzo ważnym zagadnieniem jest przekazanie odpowiednim osobom stosownych informacji o odpowiednim stopniu szczególności, w odpowiednim czasie oraz w odpowiedniej formie. Przykładowo

można wyróżnić następujące grupy osób, różniące się rodzajem informacji, jakie powinny otrzymać po wykryciu uszkodzenia:

- **Operator.** Operator oprócz informacji o wystąpieniu uszkodzenia powinien otrzymać zalecaną instrukcję dalszego postępowania. Informacja ta powinna być prezentowana w tym samym systemie i na podobnych synoptykach, jakie wykorzystywane są do sterowania procesem i obsługi zadań alarmowych. Przy czym powinna być ona prezentowana niezależnie od alarmów, w sposób bardziej intuicyjny i z większym priorytetem.
- **Automatyk obiektowy.** Spędza on zwykle większość czasu na obiekcie a nie przed ekranem monitora. Dla niego bardziej przydatna będzie informacja np. w formie raportu o fizycznym położeniu uszkodzonego elementu wraz z jego instrukcją obsługi, ewentualnie naprawy. Korzystne też będzie przekazanie informacji o dostępnych częściach zapasowych potrzebnych do usunięcia uszkodzenia.
- **Inżynier ds. utrzymania ruchu.** Osoba odpowiedzialna za utrzymania ruchu nie potrzebuje wszystkich szczegółów dotyczących uszkodzonego elementu. Dla niej bardziej przydatna może być analiza sytuacji zawierająca możliwości rekonfiguracji układu sterowania bądź samego procesu tak, aby minimalizować szkody i, jeśli to możliwe, utrzymać proces w ruchu. Bardzo ważna jest także dla niego informacja o przewidywanym czasie naprawy.
- **Kierownictwo.** Te grupy operują na najbardziej ogólnej informacji. W optymalnym przypadku osoby z kierownictwa powinny być informowane o fakcie zaistnienia uszkodzenia oraz jego wpływie na poziom i jakość bieżącej produkcji, możliwościach i koszcie naprawy, itp.

Pewnym niezależnym i istotnym odbiorcą informacji diagnostycznej są **systemy sterowania tolerujące uszkodzenia**. Systemy takie zdolne są do wykonywania półautomatycznej lub automatycznej rekonfiguracji struktury sterowania tak aby umożliwić dalszą pracę instalacji pomimo obecności uszkodzeń.

Problem odpowiedniego sformułowania i przekazania wypracowanych diagnoz jest szczególnie istotny w przypadku dużych zakładów przemysłowych zatrudniających tysiące ludzi. W takich zakładach system podejmowania decyzji jest z natury rzeczy rozproszony i hierarchiczny. Powoduje to trudności, kto i w jaki sposób powinien zostać poinformowany o wystąpieniu uszkodzenia.

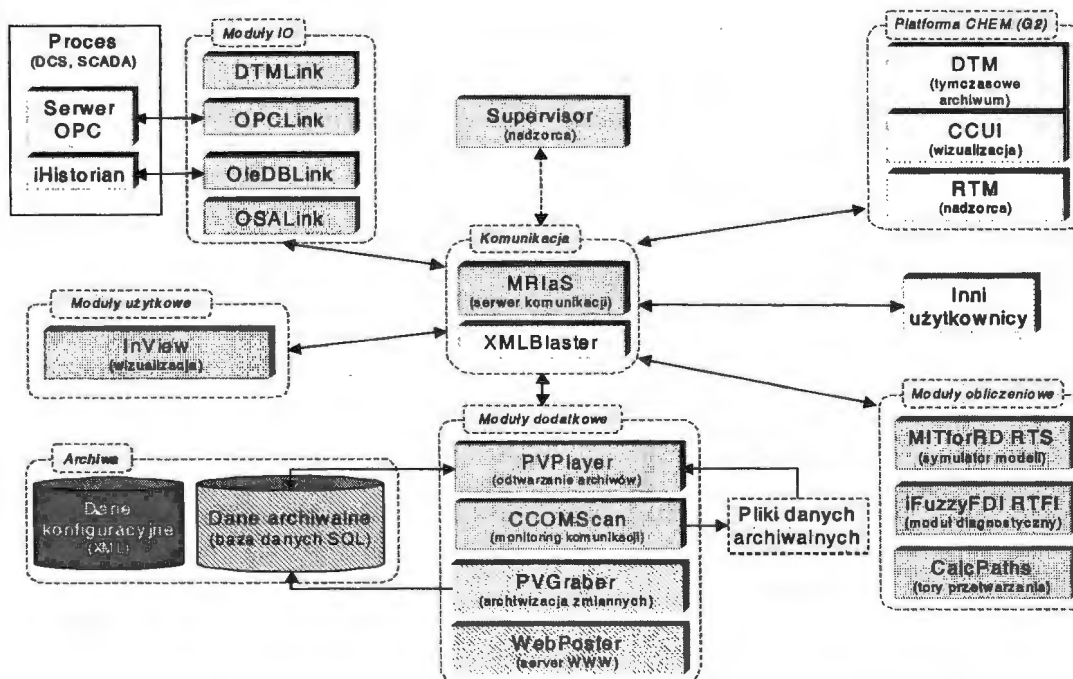
W omawianym podejściu rozszerzony został obszar działania klasycznie pojmowanego systemu diagnostyki procesu o elementy eksperckie – doradcze. Pozwala to nie tylko na wykrycie uszkodzenia w instalacji, lecz także na dokonanie analizy jego skutków i skierowanie

odpowiednio sformułowanych komunikatów do odpowiednich osób. System diagnostyczny powinien być wyposażony w mechanizmy pozwalające na łatwe i szybkie konfigurowanie oraz zarządzanie systemem „pomocy i komunikatów” związanych z poszczególnymi uszkodzeniami oraz listą osób i stanowisk, do których mają być one dostarczane. Takie postrzeganie roli systemu diagnostycznego wpisuje się w coraz częściej stosowane zarówno w informatyce, jak i w zarządzaniu, wykorzystywanie informacji o specyficznym aspekcie (punkcie widzenia) danego faktu.

4. SYSTEM ZAAWANSOWANEGO MONITOROWANIA I DIAGNOSTYKI AMandD

W niniejszym rozdziale przedstawiono wybrane aspekty Zaawansowanego Systemu Monitorowania i Diagnostowania Procesów „AMandD” związane z poruszonymi w referacie problemami. System AMandD powstał w Instytucie Automatyki i Robotyki Politechniki Warszawskiej w trakcie prac związanych z grantem V Ramowego Programu UE „Advanced Decision Support System for Chemical and Petrochemical Industry – CHEM” jako jeden z modułów zaawansowanego systemu wspomagania decyzji dla procesów przemysłu chemicznego i petrochemicznego.

W projekcie CHEM brało udział kilkanaście ośrodków naukowych, firm i zakładów przemysłowych z krajów należących oraz kandydujących do UE. Z Polski, oprócz grupy, której zadaniem było przygotowanie systemu diagnostycznego, w projekcie brały udział Zakłady Azotowe Puławy. Zakłady te udostępniły jedną ze swoich instalacji do celów testowych, w tym do uruchomienia pilotowej aplikacji systemu AMandD. W projekcie CHEM powstało szereg modułów systemu wspomagania decyzji realizujących współzależne i dopełniające się zadania, np budowę modeli bilansowych i fizykochemicznych, budowę modeli przyczynowych procesu, analizę statystyczną (PCM) zmiennych procesowych, optymalizację procesów wsadowych, zarządzanie informacją i dokumentami powstałymi podczas analizy zagrożeń (HAZOP), itp. Część tych modułów może być bezpośrednio wykorzystana przez system AMandD jako źródło informacji diagnostycznej. Podczas projektowania struktury systemu AMandD podjęto próbę stworzenia prototypu systemu spełniającego znaczną część wymagań stawianych przed systemami diagnostycznymi nowej generacji. W skład systemu AMandD wchodzi kilka różnorodnych, niezależnych modułów realizujących odrębne funkcje. Wymiana danych i komunikatów pomiędzy modułami odbywa się z wykorzystaniem platformy komunikacyjnej opracowanej na potrzeby projektu CHEM (bazująca na oprogramowaniu XML-Blaster). Ogólną strukturę systemu przedstawiono na rys. 2.

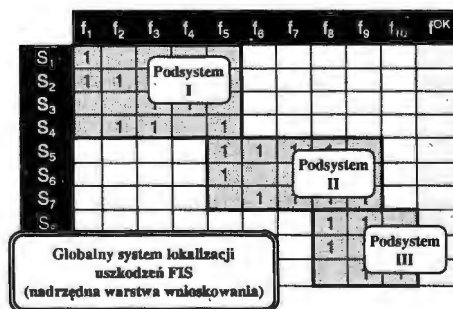


Rys. 2. Moduły systemu AMandD.

Głównymi modułami systemu AMandD są **moduły obliczeniowe**. Są one odpowiedzialne za przetwarzanie zmiennych procesowych w celu prowadzenia monitorowania i diagnostyki procesu. Aktualnie dostępny jest moduł ogólnego przetwarzania torów zmiennych procesowych (CalcPaths) umożliwiający zapis wiedzy heurystycznej oraz dwa wyspecjalizowane moduły: budowy i symulacji cząstkowych modeli parametrycznych (MITforRD [7]) oraz wnioskowania diagnostycznego (iFuzzyFDI).

4.1. Diagnostowanie w strukturze zdecentralizowanej i hierarchicznej

Struktura systemu AMandD z natury rzeczy przystosowana jest do pracy rozproszonej. Każdy z modułów może być uruchomiony niezależnie, w wielu kopiach, na różnych jednostkach obliczeniowych. Każdy z takich modułów może realizować zadania modelowania i diagnostyki dla niezależnych fragmentów instalacji. Algorytmy diagnostyczne zaimplementowane w obecnej wersji systemu posiadają dwupoziomą strukturę hierarchiczną odpowiadającą poziomom lokalnej i nadrzędnej warstwy wnioskowania (rys. 3). W warstwie lokalnej prowadzone jest rozmyte wnioskowanie diagnostyczne dla wybranych podsystemów według zmodyfikowanego algorytmu dynamicznych tablic stanu i-DTS [6] oraz systemu FIS. Zakłada się przy tym, że podzbiory generowanych residuów (sygnałów diagnostycznych) w tych podsystemach są rozłączne, natomiast podzbiory wykrywanych uszkodzeń mogą mieć części wspólne. W warstwie nadrzędnej prowadzone jest uzgadnianie i uściślanie diagnoz wypracowanych w warstwie lokalnej dla podsystemów zależnych (podsystemy, w których występują wspólne uszkodzenia). Przykład dekompozycji systemu diagnostowania pokazano na rys. 3.

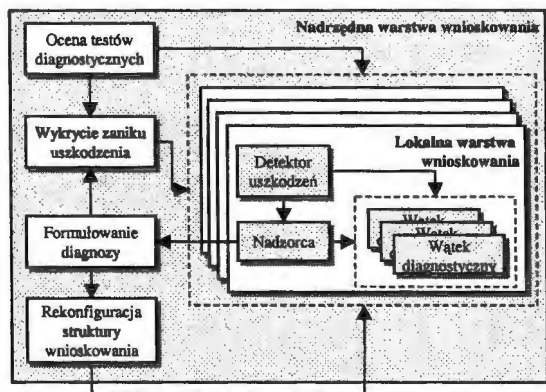


Rys. 3. Przykład dekompozycji systemu diagnostowania w dwupoziomowej strukturze hierarchicznej (f – uszkodzenia, S – sygnały diagnostyczne).

Właściwości algorytmu diagnostycznego. W module diagnostycznym i-Fuzzy FDI zaimplementowano algorytm wnioskowania dynamicznych tablic stanu w wersji przemysłowej, i-DTS [6]. Najważniejsze cechy algorytmu można podsumować następująco:

- wykorzystanie logiki rozmytej do wielowartościowej oceny residuów oraz wnioskowania diagnostycznego pozwalające na uwzględnienie różnego rodzaju niepewności,
- możliwość uwzględnienia dynamiki pojawiania się symptomów uszkodzeń w celu zwiększenia ich rozróżnialności oraz ograniczenia występowania fałszywych diagnoz,
- realizacja wnioskowania szeregowo - równoległego pozwalająca na uzyskanie aktualnej diagnozy w każdym kroku wnioskowania,
- wykorzystanie dynamicznie tworzonych wątków diagnostycznych (zmniejszenie możliwości wypracowania fałszywych diagnoz oraz umożliwienie detekcji i lokalizacji uszkodzeń krotnych),

- implementacja dwupoziomowej struktury wnioskowania możliwością wykorzystania dekompozycji,
- wypracowana diagnoza ma postać par: uszkodzenie wraz ze współczynnikiem pewności jego obecności,
- implementacja automatycznej rekonfiguracji systemu wnioskowania w zależności od zbioru dostępnych zmiennych procesowych, wiarygodnych sygnałów diagnostycznych i możliwych uszkodzeń.



Rys. 4. Schemat blokowy modułu wnioskowania diagnostycznego systemu AMandD.

Integracja sygnałów diagnostycznych. W obecnej wersji systemu AMandD nie została jeszcze zaimplementowana nadrzędna warstwa decyzyjna odpowiedzialna za pełną integrację informacji diagnostycznej pochodzącej z różnych źródeł. Istnieje jednak możliwość wprowadzenia jej elementów wykorzystując moduł przetwarzania torów zmiennych systemowych CalcPaths. W module CalcPaths mogą być projektowane dowolne ścieżki przetwarzania zmiennych, w tym integrujące informację wypracowaną przez moduł diagnostyczny systemu AMandD oraz zewnętrzne źródła informacji diagnostycznej. Ze względu na zastosowanie technologii wtyczek, istnieje możliwość łatwego i szybkiego stworzenia specjalizowanych bloków przetwarzania pomocnych w realizacji tego typu zadań. **Otwarta architektura** systemu AMandD oraz wykorzystanie serwera komunikacyjnego XMLBlaster pozwala na bardzo prostą integrację z zewnętrznymi systemami komputerowymi.

Rozpowszechnianie diagnoz. System AMandD w aktualnej postaci umożliwia jedynie szczątkową realizację postulatów zawartych w wymaganiach odnośnie metod prezentacji wyników diagnostyki procesu. Umożliwia on przedstawianie diagnozy zarówno za pomocą własnego modułu wizualizacyjnego jak i na synoptykach obsługiwanych przez system automatyki (SCADA, DCS). Zastosowana metoda opisu instalacji we wspólnej bazie danych, opracowana w ramach projektu CHEM, pozwala na uwzględnienie powiązania pomiędzy uszkodzeniem a urządzeniami procesowymi. W trakcie badań są algorytmy wykorzystywania takiego opisu do automatycznej analizy i generowania informacji specyficznej dla danego odbiorcy.

5. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono wybrane zagadnienia projektowania i struktury oraz kierunki rozwoju zaawansowanych systemów diagnostycznych dla złożonych procesów przemysłowych. Zwrócono szczególną uwagę na konieczność projektowania systemów o strukturze rozproszonej, dostosowanej do struktury instalacji i systemów sterowania i zarządzania. Jednocześnie konieczna jest integracja różnych źródeł wiedzy o stanie procesu dokonywana przez system nadrzędny. Tego typu system będzie w stanie w jednolity sposób zarządzać (opracowywać, zbierać i rozsyłać) wiedzą o stanie całej instalacji przemysłowej. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że współczesny system diagnostyczny powinien ewoluować w stronę systemu wspomagania decyzji. Jako przykład rozwiązania spełniającego w dużym stopniu sformułowane wymagania przedstawiono system zaawansowanego monitorowania i diagnozowania procesów przemysłowych „AMandD”. System ten powstał w ramach projektu CHEM [2], jako jeden z modułów zaawansowanego systemu wspomagania decyzji dla przemysłu chemicznego i petrochemicznego.

DIAGNOSTICS OF PROCESSES IN DECENTRALIZED STRUCTURE

Abstract: This paper presents selected topics in area of developing of distributed diagnostic systems for huge-scale industrial processes. The structure and general characteristic of AMandD system developed in the frame of UE project CHEM is described. AMandD system has implemented many of features of distributed diagnostic system.

Literatura

- [1] Babuska R. (1998) *Fuzzy Modeling for Control*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [2] Oficjalne strony projektu CHEM - „Advanced Decision Support System for Chemical and Petrochemical Industry”: <http://www.chem-dss.org>
- [3] Korbicz, J., Kościelny J., Kowalczyk Z. Cholewa W. (2002) *Diagnostyka procesów*. WNT.
- [4] Kościelny J.M. (2001) Problem uszkodzeń wielokrotnych w diagnostyce procesów przemysłowych. *V Krajowa Konferencja N-T „Diagnostyka Procesów Przemysłowych”, Łagów 2001*, 349-354.
- [5] Kościelny J.M. (2001) Diagnostyka procesów w strukturach zdecentralizowanych jednopoziomowych. *V Krajowa Konferencja N-T „Diagnostyka Procesów Przemysłowych”, Łagów 2001*, 355-358.
- [6] Kościelny J.M., Syfert M. (2003) On-line fault isolation algorithm for industrial processes. *5th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Process – SAFEPROCESS’ 2003*, USA, Washington, June 9-11, 2003, 777-782.
- [7] Wnuk P. (2004) Genetic Optimization of Structure and Parameters of TSK Fuzzy Models. *Elektronika*, 8-9, Warszawa, 1-3



Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk

ISBN 83-89475-01-4