

i



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Investujemy
w Waszą
przyszłość



INSTEPRO
Zintegrowane
Sterowanie
Produkcją

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Raport wewnętrzny projektu InStePro

Zadanie 2.1

Opis istniejących systemów (analiza) - określenie aktualnego stanu wiedzy

Data:
30 lipca 2009

Przygotował zespół:
Andzej Tutaj
Wojciech Grega

Wstęp

W początkowym okresie rozwoju automatyki przemysłowej dominowały jedнопętłowe układy regulacji z regulatorami dwupołożeniowymi lub typu PID. Ponieważ nie zawsze jakość uzyskiwanego z ich pomocą sterowania była zadowalająca, zaczęto zastępować je układami realizującymi algorytmy zaawansowanego sterowania procesami (APC). Metody APC bywają różnie definiowane. Poniżej podano kilka przykładów takich definicji [4]:

System APC to system regulacji, który steruje wieloma zmiennymi jednocześnie w celu osiągnięcia jednego lub kilku założonych celów sterowania.

System APC to system sterowania przeprowadzający obliczenia, które w normalnych warunkach nie mogą być zrealizowane przy użyciu standardowych algorytmów dostępnych w systemach DCS lub regulatorach wielopętlowych.

System APC to system sterowania, który może wykorzystywać znaczną liczbę standardowych algorytmów dostępnych w sprzęcie DCS, współpracujących ze sobą w złożony sposób.

System APC to system wykorzystujący metody regulacji wykraczające poza jedнопętłowe układy z regulatorami PID.

Następujące metody i algorytmy sterowania są zwykle zaliczane do APC [1, 2, 3, 6]:

- regulacja kaskadowa (cascaded control)
- regulacja stosunku (ratio control)
- sterowanie *feedforward* (feedforward control)
- sterowanie *override* (override [selector] control)
- wielowymiarowe regulatory PID (multivariable PID controller)
- sterowanie z odsprzęgnięciem (decoupling control)
- sterowanie w oparciu o model procesu (model-based control)
- sterowanie z wbudowanym modelem (IMC – Internal Model Control)
- regulacja predykcyjna (MPC – Model Predictive Control) obiektów SISO lub MIMO
- predyktor Smitha (Smith predictor)
- obserwatory stanu i filtr Kalmana (state observers and Kalman filters)
- optymalizacja jedno i wielokryterialna
- sterowanie liniowo-kwadratowe (LQ)
- sterowanie liniowo kwadratowe z wykorzystaniem filtru Kalmana (LQG)
- metody statystyczne w sterowaniu (SPC – Statistical Process Control)
- wykrywanie i klasyfikowanie sytuacji awaryjnych (FDC – Fault Detection and Classification)
- sterowanie rozmyte (fuzzy logic control)
- sterowanie z użyciem sztucznych sieci neuronowych (artificial neural network)
- sterowanie neuronowo-rozmyte (neurofuzzy control)
- optymalizacja z wykorzystaniem algorytmów genetycznych (genetic algorithms)

Nie jest to zapewne pełna lista metod i algorytmów, ale warto zwrócić uwagę na następującą tendencję. Po pierwsze najstarszy ze znanych sposobów sterowania, regulacja logiczna, opisana algorytmem „jeśli..to..”, jest w dalszym ciągu stosowana tak w wersji przekaźnikowej (algorytmy z ruchem ślizgowym) jak i w postaci ostrych i rozmytych zbiorów reguł decyzyjnych. Po drugie, współczesne, niekonwencjonalne algorytmy, klasyfikowane jako „inteligentne” nawiązują do starych, sprawdzonych koncepcji sterowania z lat sześćdziesiątych. Dobrym przykładem są tutaj

algorytmy rozmyte drugiej generacji (Takagi-Sugeno), które posługują się wieloma liniowymi modelami lokalnymi typu PID lub LQ oraz mechanizmami fuzyfikacji i defuzyfikacji, pozwalającymi uzyskać kompromisowy sygnał sterujący. Stosowanie takich rozwiązań stało się możliwe dzięki wzrastającej mocy obliczeniowej współczesnych sterowników programowalnych i komputerów przemysłowych.

Metody zaliczane do APC mogą być wykorzystywane do sterowania trzema różnymi rodzajami procesów przemysłowych: ciągłymi, wsadowymi lub montażowymi. Przykładowe gałęzie przemysłu, w których najszerzej stosuje się algorytmy APC, to:

- wydobywanie, destylacja i przetwórstwo ropy naftowej
- przemysł szklarski
- produkcja energii elektrycznej i ciepłej
- przemysł tworzyw sztucznych
- wytwarzanie elementów półprzewodnikowych
- przetwórstwo spożywcze
- produkcja części samochodowych

Zastąpienie tradycyjnych metod sterowania (układy jedнопętlowe z regulatorami PID) przez algorytmy APC może przynieść następujące korzyści [5]:

1. Redukcja ilości odpadów i produktów, które muszą zostać cofnięte do ponownego przetworzenia, gdyż nie spełniają wymagań jakościowych.
2. Zwiększenie wydajności procesu i wielkości produkcji (przepustowości linii produkcyjnej) bez konieczności wymiany aparatury.
3. Obniżenie zużycia surowców w przeliczeniu na jednostkę produktu.
4. Obniżenie zużycia energii w przeliczeniu na jednostkę produktu.
5. Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, ułatwiające spełnienie norm środowiskowych i pozwalające uniknąć kar za ich przekroczenia.
6. Zmniejszenie wahań sygnałów i tym samym możliwość przesunięcia punktów pracy bliżej ograniczeń, w kierunku poprawiającym jakość regulacji.
7. Zmniejszenie wahań jakości produktu końcowego.
8. Zmniejszenie nakładu czasu i pracy niezbędnego do optymalizacji procesu.
9. Zmniejszenie czasu „przezbierania” linii produkcyjnej (zmiany parametrów produktu) i obniżenie strat związanych z wytwarzaniem w tym czasie produktu nie spełniającego założonych wymagań.
10. Skrócenie reakcji na zmiany decyzji dotyczących wielkości bądź jakości produkcji.
11. Zwiększenie bezpieczeństwa pracy instalacji, dzięki ochronie przed wchodzeniem w obszary niestabilnej pracy.
12. Zmniejszenie czasu przestoju związanych z awaryjnymi zatrzymaniami linii produkcyjnej.

W ostatecznym rozrachunku, usprawnienie procesu produkcji osiągnięte dzięki metodom APC przekłada się na oszczędności finansowe, które w przypadku największych zakładów produkcyjnych liczone są w milionach dolarów.

Przegląd aplikacji komercyjnych

Poniżej zamieszczono krótkie opisy dostępnych na rynku systemów i aplikacji komputerowych realizujących algorytmy APC/SPC. Wśród zamieszczonych danych są: nazwa systemu lub oprogramowania, nazwa producenta lub dystrybutora, państwo, z którego on pochodzi, adres

witryny internetowej z opisem produktu, wykaz najważniejszych algorytmów zaimplementowanych w oprogramowaniu, środowisko pracy (system operacyjny komputera), podstawowe obszary zastosowań w przemyśle (gałęzie przemysłu), rodzaje interfejsów wymiany danych z „zastanymi” systemami automatyki oraz krótka charakterystyka.

Nazwa: Ultramax
Poroduent: ULTRAMAX Advanced Process Management
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.ultramax.com>
Algorytmy: Sequential Empirical Optimization (SEO), feed-forward optimization, soft sensing
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: przemysł chemiczny, przetwórstwo spożywcze (gotowanie, wędzenie, palenie kawy), produkcja mydła i detergentów, produkcja włókien i tkanin, wytwarzanie papieru, hutnictwo aluminium, obróbka skrawaniem, automatyzacja kotłów parowych w elektrowniach, oczyszczanie węgla, przemysł farmaceutyczny (fermentacja), produkcja pigmentów i barwników, malowanie i nakładanie powłok, przetwórstwo tworzyw sztucznych (wytłaczanie, wtryskiwanie), spawanie i lutowanie, produkcja półprzewodników (fotolitografia, suche trawienie, obróbka termiczna, implantacja jonów), wytwarzanie materiałów kompozytowych
Interfejsy: OPC
Charakterystyka: Oprogramowanie znajduje zastosowanie w sterowaniu procesami wsadowymi i ciągłymi. Stosuje algorytm nieliniowej iteracyjnej optymalizacji empirycznej wielu zmiennych z wieloma wskaźnikami jakości. Wykorzystuje modelowanie empiryczne i metody optymalizacji bazujące na statystyce bayesowskiej i wielowymiarowym algorytmie regresji ważonej. W każdej iteracji zmieniane są parametry wejściowe procesu, a następnie mierzone odpowiedzi na nie. W przypadku procesów wsadowych iteracja pokrywa się z pojedynczym wsadem, dla procesów ciągłych – trwa 10 minut. Dla procesów ciągłych optymalizacji podlegają stany ustalone. Nie jest konieczna wstępna znajomość modelu procesu; optymalizacja prowadzona jest na bieżąco w oparciu o mierzone dane. Do oceny jakości regulacji służą miary (jedna lub wiele) zdefiniowane dowolnie przez użytkownika. Aplikacja może pracować w trybie doradczym (Advisory), w którym wymagane jest potwierdzenie zmiany parametrów przez operatora, lub w trybie automatycznym (Closed-Loop). W system wbudowany jest moduł wykrywania sytuacji nienormalnych, przełączający aplikację samoczynnie w doradczy tryb pracy. Instalacja systemu nie wymaga znaczących ingerencji w istniejące układy automatyki. Wymiana danych z systemami DCS i SCADA odbywa się z wykorzystaniem standardu OPC. Oprogramowanie może być również wykorzystywane w trybie *offline*, przydatnym na etapie projektowania systemu automatyki; wówczas wszystkie dane wprowadzane są ręcznie.

Nazwa: ES III Expert System
Producent: GLASS SERVICE
Państwo: Republika Czeska (CZ)
Witryna: <http://www.gsl.cz>
Algorytmy: Model Predictive Control (MPC), fuzzy logic, neural networks, knowledge systems, advanced optimization
Środowisko: Windows XP
Zastosowania: Sterowanie procesem wytopu szkła w piecach szklarskich.
Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Oprogramowanie specjalizowane, służące do sterowania procesami załadunku surowców do pieca szklarskiego, topienia i przesyłem do strefy formowania. Pozwala oszczędzić paliwo, uzyskać jednorodną masę z mniejszą ilością defektów i o dobrze stabilizowanej temperaturze, przyspiesza proces zmiany parametrów produktu i zmniejsza towarzyszące jej straty surowców, prowadzi detekcję sytuacji awaryjnych i uszkodzeń czujników. Oprogramowanie pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego MS Windows na komputerze klasy PC, komunikującym się z istniejącymi systemami automatyki za pośrednictwem sieci komputerowej. Wykorzystuje algorytmy sterowania predykcyjnego (MPC), regulacji z logiką rozmytą, sztuczne sieci neuronowe, systemu oparte na wiedzy i zaawansowane mechanizmy optymalizacji. Operator (supervisor) procesu ma pełną kontrolę nad pracą aplikacji, która posiada wbudowane mechanizmy redundowania danych oraz wykrywania awarii czujników.

Nazwa: GTM-X (Glass Tank Model – glass furnace simulation software),
GPS (Glass Process Simulator),
rMPC (Rigorous Model based Predictive Control)

Producent: TNO Knowledge for business

Państwo: Holandia (NL)

Witryna: <http://www.tno.nl>

Algorytmy: Model Predictive Control (MPC)

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Symulacja i sterowanie piecami szklarskimi.

Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Oferowany zestaw programów komputerowych składa się z trzech zasadniczych elementów. GTM-X jest symulatorem 3D procesów zachodzących w poszczególnych częściach pieca szklarskiego. Jego wersja on-line, pozwalająca na prezentację informacji o przebiegu procesu, nosi nazwę GPS. rMPC to oprogramowanie realizujące regulację predykcyjną dla pieca w oparciu o model GTM-X.

Nazwa: GMAXC (Multivariable Controller)
I-GMAXC (Intelligent Controller)
Z-Way (Fuzzy Logic Controller)
DEA (Decipher for Events and Alarms)
I-EMS (Energy Management System)

Producent: Intelligeng Optimization Group

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)

Witryna: <http://intellopt.com>

Algorytmy: Multivariable Predictive Control (MVPC), Expert System, Neural Network.

Środowisko: Windows 2000/XP, HP-Unix

Zastosowania: Przemysł chemiczny (tworzywa sztuczne) i petrochemiczny, koksownie, produkcja gazu LPG.

Interfejsy: OPC, DDE, MS Excel (add-in)

Charakterystyka: Oferta firmy obejmuje pięć produktów, będących programami lub pakietami programów komputerowych. GMAXC to zestaw spokrewnionych programów realizujących wielowymiarowe sterowanie predykcyjne (MVPC), mających zastosowanie głównie w przemyśle chemicznym. W skład zestawu wchodzi: GMAXC-S (skrypt VB realizujący sterowanie adaptacyjne i nieliniowe), GMAXCID (identyfikacja modeli dynamicznych), GMAXCON (sterowanie przy pomocy komputera PC w trybie on-line), GMAXC -

OPC/DDE/API (interfejsy OPC, DDE lub API do systemów DCS i baz danych), GMAXCWIZ (kreator umożliwiający klonowanie regulatorów ze standardowymi parametrami modeli), GMAXC – HYSYS (interfejs umożliwiający współpracę z symulatorem procesu HYSYS Dynamic Simulator firmy Hyprotech). Oprogramowanie dostępne jest w wersji dla systemów operacyjnych Windows 2000/XP oraz HP-Unix. Oprogramowanie I-GMAXC to inteligentny sterownik bazujący na systemie ekspertowym, mogący realizować wielowymiarowe sterowanie predykcyjne, sterowanie nieliniowe, sekwencyjne i heurystyczne. Regulator obsługuje normalny tryb pracy, a także uruchomienie i zatrzymanie instalacji, sytuacje awaryjne i zmiany trybu pracy. Regulator może sterować sygnałami analogowymi i cyfrowymi, a także wielkościami całkowanymi. Posiada wbudowaną funkcję automatycznej zmiany konfiguracji po zajściu zaprogramowanego zdarzenia. Automatycznie wykrywa zmianę punktu pracy i stosownie modyfikuje nastawy regulatorów. Na bieżąco kontrolowane są niezgodności użytych modeli z obiektami i prowadzona jest analiza wrażliwości. Regulator potrafi przewidywać i zapobiegać przyszłym przekroczeniom dopuszczalnych wartości sygnałów. Oprogramowanie Z-Way jest klasycznym regulatorem opartym na logice rozmytej, posiadającym 6 wejść i 2 wyjścia. DEA jest pakietem służącym do gromadzenia, archiwizowania, wyświetlania i interpretowania alarmów i zdarzeń. I-EMS to system ekspertowy, służący do sterowania systemami energetycznymi w zamkniętej pętli sprzężenia, wykorzystujący model stanów ustalonych w systemach elektrycznych MESA. Pakiet MESA, oprócz modelu symulacyjnego, zawiera także algorytm optymalizacji SQP. Oprogramowanie I-EMS umożliwia wykorzystanie wyników optymalizacji uzyskanych przy pomocy pakietu MESA do sterowania w trybie on-line.

Nazwa: KSX
Producent: KnowledgeScape
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.kscape.com>
Algorytmy: logika rozmyta, sztuczne sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, statistical process control (SPC).
Środowisko:
Zastosowania: Zakłady przetwarzania mineralów.
Interfejsy: OPC
Charakterystyka: Oprogramowanie stanowi system ekspertowy przeznaczony głównie do sterowania procesami w zakładach przetwarzania mineralów. System wykorzystuje logikę rozmytą, sztuczne sieci neuronowe, algorytmy genetyczne oraz statystyczne metody sterowania procesami. Aplikacja może mieć rozproszony charakter – można uruchamiać ją na wielu połączonych siecią komputerach. Z systemami automatyki komunikuje się za pośrednictwem protokołu OPC. Do optymalizacji punktu pracy procesu wykorzystywane są algorytmy genetyczne. Procesy można modelować przy pomocy sieci neuronowych.

Nazwa: monitorMV
simulateMV
controlMV
batchMV
architectMV
Producent: Perceptive Engineering
Państwo: Wielka Brytania (GB)
Witryna: <http://www.perceptive-engineering.co.uk/>

Algorytmy: Regulacja predykcyjna (MPC), predyktor Smitha, regulacja kaskadowa, programowanie liniowe (LP) i kwadratowe (QP), sekwencyjne programowanie kwadratowe, algorytmy genetyczne, sztuczne sieci neuronowe.

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Przemysł spożywczy, oczyszczalnie ścieków i zakłady uzdatniania wody, górnictwo i przemysł metalurgiczny, przemysł farmaceutyczny, przemysł chemiczny, przemysł papierniczy.

Interfejsy: Brak danych, CSV.

Charakterystyka: Producent oferuje zestaw pięciu aplikacji komputerowych. MonitorMV służy do wczesnego wykrywania sytuacji awaryjnych, na podstawie sygnałów procesowych. Wykorzystuje metody statystyczne, techniki klasyfikacji oraz konfigurowalne reguły. SimulateMV umożliwia tworzenie działających w czasie rzeczywistym modeli symulacyjnych procesów przemysłowych i testowanie ich pracy w układach zamkniętych z różnego rodzaju zaawansowanymi regulatorami. ControlMV realizuje algorytmy sterowania predykcyjnego i optymalizacji procesów w trybie on-line. BatchMV służy do sterowania procesami wsadowymi. Wykrywa błędy i identyfikuje ich przyczyny. Prowadzi predykcję metodami statystycznymi i estymuje przebiegi czasowe nieregularnie mierzonych zmiennych. ArchitectMV łączy w sobie wiele narzędzi do analizy danych, monitorowania i sterowania procesów oraz ich optymalizacji. Umożliwia statystyczną jedno- i wielowymiarową analizę danych. Pozwala identyfikować modele metodami regresji liniowej lub nieliniowej. Zawiera moduł monitorowania procesu i generowania alarmów. Moduł sterowania umożliwia testowanie różnych algorytmów sterowania, w tym PID i wielowymiarowego MPC. Moduł optymalizacji pozwala wyznaczyć optymalne warunki pracy w oparciu o uzyskane wcześniej modele.

Nazwa: Aspen DMCplus

Producent: AspenTech

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)

Witryna: <http://www.aspentech.com>

Algorytmy: Wielowymiarowe regulacja predykcyjna, programowanie liniowe i kwadratowe.

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Rafinerie, zakłady petrochemiczne i chemiczne, przemysł spożywczy, farmaceutyczny, chemiczny, produkcja polimerów.

Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Aspen DMCplus jest wielowymiarowym regulatorem predykcyjnym. Może komunikować się bezpośrednio ze sprzętem DCS. Stanowi podstawowy składnik pakietu aspenONE. Do realizacji interfejsu operatora wykorzystuje technologię WWW. Pozwala na identyfikację modeli na podstawie danych pomiarowych, wykorzystując *subspace identification algorithm* oraz zawiera narzędzia do testowania dokładności modeli. Zawiera algorytmy programowania liniowego i kwadratowego dla znajdowania stanu ustalonego. Umożliwia łatwe programowanie operacji na sygnałach i ich filtrowania. Zawiera narzędzia do symulowania pracy układu regulacji w obecności zakłóceń i błędów modelu.

Nazwa: Pavilion 8 Control

Producent: PAVILION TECHNOLOGIES

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)

Witryna: <http://www.pavtech.com>

Algorytmy: Regulacja predykcyjna (MPC).
Środowisko: J2EE
Zastosowania: Produkcja biopaliw, cementownie, przemysł chemiczny, przemysł petrochemiczny i przetwórstwo gazu, przemysł farmaceutyczny, procesy polimeryzacji, produkcja papieru, rafinerie.
Interfejsy: OPC, OLE-DB, JDBC ODBC, ISA-95
Charakterystyka: Aplikacja Pavilion8 Control wchodzi w skład pakietu Pavilion8. Realizuje ona regulację predykcyjną, zarówno w wersji liniowej, jak i nieliniowej. Modele sterowanego procesu tworzone są w oparciu o metodę nazwaną przez producenta *advanced hybrid modeling technology*. Polega ona na wykorzystaniu do modelowania zarówno danych procesowych, jak i operatorskiej wiedzy o procesie oraz równań opisujących podstawowe zależności. Aplikacja zawiera algorytmy do optymalizacji stanów ustalonych oraz procesów dynamicznych. Interfejs użytkownika bazuje na przeglądarce internetowej, a sama aplikacja stworzona jest z wykorzystaniem technologii J2EE.

Nazwa: QMC DATA MINING PROGRAM
QMC ENGINEERING PROGRAM
QMC MIMT PROGRAM
QMC STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC) PROGRAM
QMC ADVANCED PROCESS CONTROL (APC) PROGRAM
QMC ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) PROGRAM
QMC DYFLO PROGRAM
e MODEL
DESIGN II

Producent: QMC Technical

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)

Witryna: <http://www.qmc.net>

Algorytmy: Systemy ekspertowe, logika rozmyta, sieci neuronowe, Multivariable Dynamic Matrix Control (DMC), Quadratic Matrix Control, analiza statystyczna

Środowisko: Windows, WWW + ActiveX

Zastosowania: Przemysł chemiczny i petrochemiczny, instalacje pneumatyczne i hydrauliczne.

Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Oferta firmy QMC Technical składa się z wielu spokrewnionych programów, pracujących w środowisku Windows. Program QMC DATA MINING zawiera narzędzia ułatwiające prowadzenie procesu w pobliżu punktu maksimum. Umożliwia klasyfikowanie danych, modelowanie, monitorowanie, sterowanie i optymalizację. Zawiera moduły filtrowania i wygładzania danych i wykonywania na nich operacji arytmetycznych. Monitoruje pracę czujników. Przeprowadza analizę statystyczną i umożliwia strojenie i optymalizację wielowymiarowych pętli regulacji. Program QMC MIMT PROGRAM służy do korekty błędów grubych występujących w danych pomiarowych. Do jego działania konieczna jest znajomość zależności matematycznych między zmiennymi, wyrażonych liniowymi lub nieliniowymi równaniami algebraicznymi. Aplikacja QMC ADVANCED PROCESS CONTROL realizuje algorytmy Multivariable Dynamic Matrix Control (DMC), Quadratic Matrix Control, Biggest Log-Modulus Tuning Control, VB Model Control, Polynomial Model Control, regulację adaptacyjną, sterowanie z użyciem sieci neuronowych. Zawiera też moduł identyfikacji modeli i kondycjonowania sygnałów. Program QMC STATISTICAL PROCESS CONTROL wykorzystuje standardowe metody sterowania bazujące na sekwencyjnym podejściu

statystycznym. Posiada moduły do modelowania i optymalizacji, umożliwia sterowanie w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Aplikacja QMC ARTIFICIAL INTELLIGENCE to system ekspertowy służący do monitorowania pracy instalacji i wykrywania przyczyn awarii. Stosuje algorytm klasteryzacji do kondycjonowania danych. Wykorzystuje algorytmy genetyczne i modelowanie rozmyte do optymalizacji bazy danych reguł procesu. Umożliwia również wprowadzanie reguł heurystycznych. Program QMC DYFLO PROGRAM to symulator zachowania procesu w stanach ustalonych i przejściowych, przeznaczony głównie dla instalacji hydraulicznych, pneumatycznych i chemicznych, w których skład wchodzi zbiorniki, pompy, sprężarki, rozprężarki, wymienniki ciepła, przewody, zawory, reaktory, komory spalania, kolumny destylacyjne itp. Program eMODEL służy do identyfikacji równań opisujących zależności między zmiennymi wejściowymi a wybraną zmienną wyjściową procesu. Aplikacja DESIGN II to symulator stanów ustalonych, tworzący bilanse materiałów i energii, dla procesów w przemyśle chemicznym czy petrochemicznym (destylacja ropy). Program może pracować zarówno w trybie off-line jak i real-time.

Nazwa: MANTRA
Producent: ControlSoft
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.controlsoftinc.com>
Algorytmy: PID, Model Predictive Control (MPC), Internal Model Control (IMC), Coordinated Control (CC), Modular Multivariable Control (MMC).
Środowisko: NT + PC-PLC
Zastosowania: Przemysł chemiczny, petrochemiczny, papierniczy, tworzyw sztucznych, spożywczy, farmaceutyczny, metalurgiczny; kontrola pH i stężenia chloru przy uzdatnianiu wody, sterowanie wilgotnością przy produkcji papieru, sterowanie fermentacją, reaktory chemiczne produkujące żywice, sterowanie piecami i zasilaczami szklarskimi, kontrola wilgotności w przemyśle spożywczym.
Interfejsy: DDE, OPC
Charakterystyka: Aplikacja MANTRA umożliwia budowanie systemów regulacji i interfejsów operatorskich (HMI), wykorzystujących technologię ActiveX. Układy regulacji budowane są w formie schematów blokowych w środowisku graficznym. System oferuje regulację PID, kaskadową regulację PID, funkcje autostrojona oraz następujące trzy algorytmy sterowania: Internal Model Control (IMC), Coordinated Control (CC) i Modular Multivariable Control (MMC), które producent określa wspólną nazwą Model Predictive Control (MPC).

Nazwa: Control Performance Optimizer
Producent: Matrikon
Państwo: Kanada (CA)
Witryna: <http://www.matrikon.com>
Algorytmy: Regulator rozmyty, regulacja predykcyjna (MPC)
Środowisko: Windows
Zastosowania: Wydobywanie i transport ropy i gazu, energetyka wiatrowa, górnictwo, rafinerie i przemysł petrochemiczny.
Interfejsy: Brak danych.
Charakterystyka: Oprogramowanie umożliwia symulację pracy układów regulacji z różnymi algorytmami APC w trybie *offline*, a następnie łatwą implementację uzyskanych algorytmów jako warstwy sterowania nadrzędnego i optymalizacji w trybie *online*. Zawiera narzędzia do identyfikacji

obiektów wielowymiarowych metodą odpowiedzi na skok jednostkowy lub sygnał harmoniczny. Obok algorytmu sterowania PID oferuje również regulatory rozmyte i predykcyjne (MPC).

Nazwa: APIS SPC
APIS Advanced Control

Producent: Predictor

Państwo: Norwegia (NO)

Witryna: <http://www.prediktor.no>

Algorytmy: MPC, filtr Kalmana.

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Przemysł chemiczny, produktów spożywczych, wydobywanie ropy i gazu, produkcja papieru.

Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: APIS SPC oraz APIS Advanced Control to moduły rozbudowanego systemu sterowania APIS. APIS Advanced Control umożliwia estymację stanu i parametrów z wykorzystaniem filtracji Kalmana, a także optymalizację dla stanów ustalonych i regulację predykcyjną (MPC). APIS SPC realizuje analizę statystyczną w oparciu o wykresy Shewarta (Shewart Control Charts).

Nazwa: Intellect
iGLO

Producent: IntelliDynamics

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)

Witryna: <http://www.intelldynamics.net>

Algorytmy: Brak danych.

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Wydobywanie ropy i gazu, produkcja papieru, wytwarzanie energii elektrycznej, przemysł spożywczy, koksownie, huty żelaza.

Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Intellect jest uniwersalną aplikacją przeznaczoną do zastosowania w różnych gałęziach przemysłu, oferującą funkcje wirtualnych czujników, przewidywanie awarii, monitorowanie zasobów i optymalizację produkcji. Jest przystosowany do współpracy z rozproszonymi systemami sterowania (DCS). Z kolei iGLO jest specjalizowanym pakietem programowym, opracowanym na podstawie aplikacji Intellect, a przeznaczonym do optymalizowania warunków wydobycia ropy i gazu ziemnego.

Nazwa: Profit Controller
ProfitMax
Profit NLC
Profit Optimizer
Profit SensorPro
Profit Stepper

Producent: Honeywell

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)

Witryna: <http://hpsweb.honeywell.com>

Algorytmy: Brak danych.

Środowisko: Windows NT
Zastosowania: Rafinerie, produkcja tworzyw sztucznych, koksownie, wymienniki ciepła.
Interfejsy: Brak danych.
Charakterystyka: Wymienione powyżej aplikacje wchodzi w skład pakietu Profit Suite. Program Profit Controller realizuje wielowymiarową regulację predykcyjną. Aplikacja ProfitMax umożliwia tworzenie nieliniowych modeli dla stanu ustalonego i optymalizację z ich wykorzystaniem. Profit NLC jest programem specjalizowanym, przeznaczonym do modelowania, optymalizacji i sterowania wielowymiarowego procesami polimeryzacji. Aplikacja Profit Optimizer służy do wyznaczania optymalnego punktu pracy w skali całego zakładu i jest w stanie sterować łagodnym przejściem do tego punktu pracy. Program Profit SensorPro umożliwia realizację wirtualnych czujników (softsensors) oraz oferuje narzędzia analizy danych, które ułatwiają znalezienie zależności między dostępnymi i wirtualnymi sygnałami. Profit Stepper jest aplikacją do identyfikacji modeli dynamicznych, w tym także wielowymiarowych, w trybie *online*.

Nazwa: INCA MPC
INCA Sensor
AptiTune
INCA MPC4BATCH
INCA PathFinder
Melter@MAX
Feeder@MAX
Tubingline@MAX

Producent: IPCOS

Państwo: Belgia (BE)

Witryna: <http://www.ipcos.be>

Algorytmy: Multivariable Modelbased Predictive Control (MPC), Successive Sequential Quadratic Programming (SSQP)

Środowisko:

Zastosowania: Produkcja polimerów, produkcja szkła, rafinerie, produkcja papieru, przemysł spożywczy, przeróbka ropy naftowej.

Interfejsy:

Charakterystyka: Producent oferuje pakiet współpracujących ze sobą programów. Aplikacja INCA MPC realizuje wielowymiarową regulację predykcyjną. Program INCA Sensor pozwala estymować w czasie rzeczywistym niemierzone wprost lub mierzone sporadycznie wielkości, decydujące o jakości produktu, takie jak: gęstość polimeru, lepkość, stężenie produktu, barwy, stężenie wybranych gazów w spalinach, przepływy o znacznych wartościach. Wykorzystuje między innymi logikę rozmytą i algorytmy genetyczne. Program AptiTune służy do strojenia regulatorów PID współpracujących z wielowymiarowymi obiektami regulacji. INCA MPC4BATCH jest aplikacją umożliwiającą zastosowanie algorytmów MPC do sterowania procesami wsadowymi. Z kolei INCA PathFinder to program planujący, w oparciu o model dynamiki instalacji, przejścia między różnymi punktami pracy. Optymalizacji poddawany jest czas przejścia. Rodzina programów Melter@MAX, Feeder@MAX i Tubingline@MAX to specjalizowane narzędzia przystosowane do sterowania odpowiednio: piecami szklarskimi, zasilaczami i linią formującą rurę szklaną.

Nazwa: Connoisseur
ROMEo

Producent: IPS Invensys Process Systems

Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://ips.invensys.com>
Algorytmy: Predictive Multivariable Control
Środowisko: Windows
Zastosowania: Rafinerie ropy, przemysł petrochemiczny, produkty spożywcze (mleko, cukier, kawa), przemysł metalurgiczny (żelazo, miedź), przemysł chemiczny (detergenty), cementownie.
Interfejsy: OPC
Charakterystyka: Connoisseur to system sterowania oferujący między innymi wielowymiarową regulację predykcyjną oraz identyfikację modeli nieliniowych. Może być stosowany zarówno dla procesów ciągłych jak i wsadowych. Zawiera narzędzia do gromadzenia danych i identyfikacji procesu metodami statystycznymi i narzędzia do automatycznego projektowania regulatorów. Może realizować regulację adaptacyjną i dysponuje algorytmami optymalizacji przy ograniczeniach. Program ROMEo jest środowiskiem służącym do modelowania i optymalizacji pracy instalacji w przemyśle chemicznym, petrochemicznym i w rafineriach. Może pracować zarówno w trybie *online*, jak i *offline*. Optymalizacja prowadzona jest w oparciu o równania opisujące proces.

Nazwa: Exasmoc
Exarqe
Exacoast
Producent: YOKOGAWA
Państwo: Japonia (JP)
Witryna: <http://www.yokogawa.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: DCS
Zastosowania: Rafinerie ropy naftowej.
Interfejsy: Brak danych.
Charakterystyka: Wymienione wyżej aplikacje przeznaczone są głównie dla rafinerii ropy naftowej. Oprogramowanie Exasmoc realizuje funkcję regulatora wielowymiarowego z ograniczeniami. Exarqe spełnia zadanie wirtualnego czujnika, wyznaczającego na podstawie dostępnych pomiarów wartość niemierzonego parametru, decydującego o jakości produktu końcowego. Exacoast jest biblioteką gotowych procedur APC, przeznaczonych dla systemów DCS.

Nazwa: APC-Sensor
APC-Adcon
APC-~~S~~YS-A
Producent: ZHEJIANG SUPCON SOFTWARE
Państwo: Chińska Republika Ludowa (CN)
Witryna: <http://www.supcon-soft.com>
Algorytmy: Multivariable Predictive Control.
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: Przemysł chemiczny, petrochemiczny, rafinerie ropy.
Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Aplikacja APC-*SYS-A* stanowi platformę, w ramach której można uruchamiać programy APC-Sensor (wirtualne czujniki) oraz APC-Adcon (wielowymiarowa regulacja predykcyjna). Platforma ta realizuje między innymi funkcję bazy danych sygnałów pomiarowych i posiada możliwość interpretacji (wykonania) skryptów VB utworzonych przez użytkownika. Program APC-Sensor realizuje funkcję wirtualnych czujników, wykorzystując sieci neuronowe i metodę *first principle modeling*. Umożliwia symulację *offline* oraz predykcję *online*. Aplikacja APC-Adcon stanowi implementację wielowymiarowego odpornego regulatora predykcyjnego. Zawiera moduły do modelowania, projektowania regulatora, symulacji oraz pracy w trybie *online*. Regulator predykcyjny może pracować w trybie optymalizacji zarówno głównego, jak i dodatkowych kryteriów.

Nazwa: eMPC
eSoft
ePO
PAMOD

Producent: eposC

Państwo: Republika Austrii (AT)

Witryna: <http://www.eposc.com>

Algorytmy: Brak danych.

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Wybielanie, destylacja, spalanie, transporotwanie, produkcja włókien, przemysł chemiczny, wytwarzanie energii, procesy wsadowe.

Interfejsy: OPC

Charakterystyka: Program eMPC realizuje regulację predykcyjną. Bazuje na modelu procesu, uzyskanym na podstawie danych pomiarowych i wiedzy operatora. Aplikacja eSoft spełnia rolę wirtualnych czujników. Program PAMOD umożliwia zaprojektowanie eksperymentu (DoE), obróbkę i analizę danych procesowych, modelowanie, weryfikację modeli, optymalizację.

Nazwa: BrainWave
ACE

Producent: ANDRITZ Automation

Państwo: Brak danych.

Witryna: <http://www.andritzautomation.com>

Algorytmy: Model Predictive Control (MPC)

Środowisko: Brak danych.

Zastosowania: Piece szklarskie.

Interfejsy: OPC

Charakterystyka: Oprogramowanie BrainWave jest przeznaczone do sterowania temperaturą i poziomem szkła w piecu szklarskim. O jego skuteczności decydują dwa algorytmy: adaptacyjna identyfikacja modelu i regulator predykcyjny. Ten ostatni posiada wejścia zakłóceń mierzalnych. Aplikacja ACE jest przeznaczona do współpracy z programem BrainWave. Zaimplementowano w niej system ekspertowy, który wspomaga pracę operatora procesu, podpowiadając mu optymalne warunki pracy.

Nazwa: OPTIMAX Advanced Process Control
OPTIMAX Operation Optimization

Producent: ABB
Państwo: Konfederacja Szwajcarska (CH)
Witryna: <http://www.abb.com>
Algorytmy: Sieci neuronowe.
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: Elektrociepłownie.
Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Wymienione pakiety stanowią zbiór zaawansowanych narzędzi do sterowania, monitorowania i planowania pracy elektrowni ciepłych. Wykorzystują one sieci neuronowe do modelowania procesu spalania, pozwalają dopasować plan produkcji energii elektrycznej, maksymalizując chwilowy zysk, ale jednocześnie minimalizując zużycie urządzeń. W pakietach dostępne są algorytmy soft sensoringu, umożliwiające na przykład ocenę naprężeń ciepłych w elementach turbiny. Dostępne są narzędzia minimalizujące czas rozruchu kotłów, z uwzględnieniem ograniczeń związanych z naprężeniami cieplnymi. W skład pakietu wchodzi moduły przewidujące zużycie energii wody i paliwa na podstawie prognoz pogody, danych historycznych i nadchodzących wydarzeń (np. święta).

Nazwa: SPC1+ Enterprise
SPC1+ Navigator
SPC1+ ActiveX
Producent: ASD/QMS
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.spcanywhere.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: Brak danych.
Interfejsy: ODBC, OPC

Charakterystyka: Zadaniem wszystkich wymienionych programów jest pozyskanie i obróbka statystyczna danych procesowych. SPC1+ Enterprise jest samodzielną aplikacją, potrafiącą importować dane z plików tekstowych, skoroszytów programu Excel, aplikacji Oracle, MRP, ERP oraz za pośrednictwem mechanizmu ODBC. Wersja SPC1+ ActiveX umożliwia wykorzystanie funkcjonalności pakietu w programach tworzonych przez użytkownika. Zadaniem SPC1+ Navigator jest pozyskiwanie danych z różnych źródeł, między innymi za pośrednictwem protokołu OPC.

Nazwa: SPC
Producent: TYNE
Państwo: Brak danych.
Witryna: <http://www.tynesys.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: Brak danych.
Interfejsy: Brak danych.

Charakterystyka: Oprogramowanie gromadzi dane procesowe i w oparciu o zdefiniowane ograniczenia sytuacje awaryjne. Po zgromadzeniu odpowiedniej ilości danych, program może

wykonać analizy statystyczne, umożliwiające dostrojenie procesu w celu poprawy wskaźników jakości.

Nazwa: TOPAS
Producent: ACT
Państwo: Republika Austrii (AT)
Witryna: <http://www.act-control.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: Brak danych.
Interfejsy: Brak danych.
Charakterystyka: Pakiet składa się z modułów umożliwiających strojenie regulatorów PID (25 różnych metod), porównanie działania regulatora PID, predyktora Smitha, regulatora wykorzystującego model obiektu. Zawiera algorytmy do estymowania parametrów systemu na podstawie testów lub danych procesowych (w zamkniętej lub otwartej pętli). Posiada narzędzia do statystycznej analizy procesu. Wbudowany symulator pozwala porównać działanie układu z różnymi rodzajami regulatorów. Dostępne są kaskadowe struktury regulacji oraz sterowanie *feedforward*. W skład pakietu wchodzi kolekcja modeli różnych procesów przemysłowych.

Nazwa: QuickStudy
Producent: Adaptive Resources
Państwo: Brak danych.
Witryna: <http://www.adaptiveresources.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: Windows NT
Zastosowania: Proces ciągłego odlewania stali, ciągle wypiekanie pieczywa, produkcja gazu, obróbka cieplna stali nierdzewnej.
Interfejsy: Brak danych.
Charakterystyka: Oprogramowanie służy do modelowania procesu metodami statystycznymi (on-line) na podstawie danych pomiarowych, oraz do sterowania procesem w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Strojenie regulatorów odbywa się automatycznie, w ramach sterowania adaptacyjnego. Dostępne są algorytmy sterowania *feedforward*, z odsprzęganiem oraz predykcyjnego wielowymiarowego.

Nazwa: WinSPC
Producent: DataNet Quality Systems
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.winspc.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: Windows
Zastosowania: Brak danych.
Interfejsy: OLE, OPC, COM/DCOM
Charakterystyka: Oprogramowanie gromadzi dane procesowe i dokonuje ich analizy statystycznej w czasie rzeczywistym. Może wykrywać i sygnalizować sytuacje awaryjne.

Nazwa: QualStat
Producent: QualStat Online
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.qualstat.com>
Algorytmy: Brak danych.
Środowisko: Brak danych.
Zastosowania: Przemysł farmaceutyczny, chemiczny, petrochemiczny, produkcji papieru, wytwarzanie półprzewodników.
Interfejsy: Brak danych.
Charakterystyka: QualStat jest pakietem do wielowymiarowej statystycznej analizy danych i sterowania. Aplikacja pozwala porównać wyniki przedsiębiorstwa z danymi wzorcowymi (*benchmark*). Zawiera narzędzia do analiz typu *data mining*, wykrywających zależności między różnymi wielkościami. Umożliwia tworzenie modelu matematycznego procesu. Prowadzi optymalizację i umożliwia ustawiczną poprawę jakości sterowania.

Nazwa: Qustom/QC
SPC Direct
ProActive Process Improvement
Curvaceous C:Suite
Producent: Stochos
Państwo: Stany Zjednoczone Ameryki (US)
Witryna: <http://www.stochos.com>
Algorytmy: Geometric Process Control (GPC).
Środowisko: Windows, Solaris O/S
Zastosowania: Brak danych.
Interfejsy: ODBC.

Charakterystyka: Aplikacje Qustom/QC oraz SPC Direct służą do prowadzenia analizy statystycznej odpowiednio w trybie *offline* i *online*. Obie pracują w środowisku Windows. ProActive Process Improvement to z kolei aplikacja pracująca w czasie rzeczywistym, która może być wykorzystana do sterowania w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Pracuje ona pod kontrolą systemu operacyjnego Solaris O/S, wykorzystując stację roboczą Sun. Aplikacja Curvaceous C:Suite realizuje algorytm GPC, proponując sposoby poprawy jakości produkcji na podstawie modelu uzyskanego w wyniku analizy zgromadzonych danych.

Podsumowanie

Poniżej zamieszczone są wnioski z analizy materiałów zaprezentowanych w poprzednim rozdziale.

Środowisko

Przeważająca większość aplikacji komputerowych, realizujących zaawansowane lub statystyczne algorytmy sterowania procesami przemysłowymi, pracuje w środowisku systemu operacyjnego Windows NT, 2000 lub XP. Tylko w dwóch opisywanych wyżej przypadkach producenci oferują oprogramowanie dla innych systemów operacyjnych. Jeden z tych programów dostępny jest w dwóch wersjach: dla Windows 2000/XP lub HP-Unix. Drugi z nich pracuje pod kontrolą Windows (starsza wersja programu) lub Solaris O/S (nowsza wersja). W niektórych przypadkach, obok samodzielnych aplikacji, oferowane są również kontrolki ActiveX o tej samej

funkcjonalności. Pozwala to użytkownikowi tworzyć własne oprogramowanie, wykorzystujące system APC/SPC (wraz z jego interfejsem użytkownika oraz interfejsem wymiany danych z systemem automatyki) jako jeden z modułów. Producenci oferują zazwyczaj, zamiast pojedynczego, rozbudowanego programu, szereg współpracujących ze sobą modułów, uniwersalnych lub specjalizowanych, które użytkownik może dobierać w zależności od potrzeb i zasobności portfela. Moduły te współpracują ze sobą bezpośrednio lub też instalowane są w ramach wspólnej platformy, stanowiącej nieodzowny element zakupionego oprogramowania. Stosunkowo rzadko oferowane są, obok zasadniczej aplikacji, także skrypty VB, umożliwiające analizę danych w trybie *offline* z użyciem programu Microsoft Excel. Spotykane są również rozwiązania systemów APC/SPC, w których gotowa aplikacja, przeznaczona do zaawansowanego sterowania procesami, ładowana jest wprost do sterowników DCS.

Interfejs użytkownika

Praktycznie wszystkie oferowane aplikacje pracują w środowisku graficznym, komunikując się z użytkownikiem za pomocą "okienkowego" interfejsu GUI. Najczęściej interfejs ten jest budowany z użyciem mechanizmów API systemu operacyjnego Windows, lecz istnieją też rozwiązania wykorzystujące przeglądarki internetowe do wyświetlania i obsługi interfejsu użytkownika. Niektórzy producenci oferują swoje oprogramowanie również w wersji kontrolek ActiveX, umożliwiających wbudowanie go do aplikacji tworzonej przez użytkownika.

Interfejsy danych

Oferowane programy mają zwykle możliwość pracy w dwóch różnych trybach: *online* i *offline*. W trybie *online* przetwarzają dane napływające na bieżąco z instalacji przemysłowej i mają możliwość bezpośredniego (w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego, bez udziału człowieka) lub pośredniego (doradzanie operatorowi procesu) sterowania przebiegiem jej pracy. Aplikacje te bądź posiadają własne bazy danych, w których gromadzą dane historyczne, bądź też współpracują z bazami danych istniejących systemów automatyki. W trybie *offline* programy umożliwiają analizę wcześniej zgromadzonych danych, prowadzenie symulacji komputerowych oraz projektowanie i dobór nastaw regulatorów.

Dane dla trybu *offline* mogą być pobierane bądź z baz danych, bądź z plików. Aplikacje mogą posiadać własne interfejsy umożliwiające bezpośredni odczyt z popularnych baz danych (Oracle, Microsoft SQL Server), bądź też korzystać z uniwersalnych mechanizmów (OLE, ODBC). Zwykle możliwy jest też import danych z plików tekstowych (format CSV) lub też z plików programu Microsoft Excel.

W trybie *online* niezbędna jest nieprzerwana wymiana danych procesowych z systemami automatyki sterującymi instalacją procesową. W przeważającej części rozwiązań wymiana ta odbywa się z użyciem protokołu OPC, rzadziej DDE lub OLE. Niektórzy producenci oferują możliwość bezpośredniej współpracy z systemami DCS, przy czym zwykle ich oprogramowanie może również (zamiennie) wymieniać dane za pomocą protokołu OPC.

Algorytmy

Można odnotować pewne funkcje sterowania lub grupy algorytmów powtarzające się w analizowanych aplikacjach przemysłowych. Należą do nich:

- Wykrywanie stanów ustalonych.
- Realizacja modeli i symulatorów procesów wraz z identyfikacją.
- Wykrywanie stanów awaryjnych.
- Algorytmy wirtualnych czujników.

- Algorytmy sterowania predykcyjnego w różnych wersjach (MPC, GPC).
- Algorytmy realizujące przejście (optymalne, suboptymalne) pomiędzy punktami pracy.
- Algorytmy „inteligentne” (fuzzy, neuralne) i oparte na wiedzy.

Sterowanie lub doradztwo

Oprogramowanie wykorzystywane w trybie *online* lub *real-time* może sterować procesem na dwa sposoby: automatycznie, bez udziału człowieka, w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego albo w trybie doradczym, w którym ostateczne decyzje podejmuje operator procesu. Część spośród opisanych w poprzednim rozdziale aplikacji funkcjonuje tylko w jednym z tych dwóch trybów, istnieją jednak rozwiązania umożliwiające przełączanie między nimi. O przełączeniu decyduje operator, ale dostępne są również systemy, w których praca układu regulacji jest stale monitorowana i w razie wystąpienia sytuacji nienormalnej lub awaryjnej następuje automatyczne przełączenie do trybu doradczego i sygnalizacja tego faktu.

Symulatory

Wiele zaawansowanych systemów sterowania posiada funkcjonalność symulatorów procesu. Działają one w oparciu o jego model i umożliwiają symulacyjną ocenę i porównanie skuteczności różnych algorytmów sterowania. Modele użyte w symulatorach mogą być bądź wprowadzane przez użytkownika, bądź też pochodzić z identyfikacji procesu, prowadzonej przez system APC.

Wdrożenia

Producenci aplikacji APC/SPC, oprócz samego oprogramowania, oferują również jego wdrożenie oraz kursy i szkolenia dla personelu. Do oprogramowania dołączane są „bezpłatne” podręczniki, a niekiedy również multimedialne kursy. Typowy deklarowany czas wdrożenia i szkoleń to kilka tygodni lub miesięcy. Obiecywane oszczędności, wynikające z zastąpienia dotychczasowych algorytmów sterowania (PID) nowymi rozwiązaniami, rzadko przekraczają 10% (typowa wartość to 5%). Dla dużych zakładów przemysłowych to dać kwoty rzędu setek tysięcy lub nawet milionów dolarów rocznie. Szacowany okres zwrotu dla inwestycji to zazwyczaj 6 miesięcy.

Zastosowania

Oferowane na rynku aplikacje do zaawansowanego lub statystycznego sterowania procesami można podzielić na trzy grupy. Do pierwszej z nich należą programy uniwersalne, których producenci utrzymują, iż mogą być one stosowane w różnorodnych gałęziach przemysłu. Druga grupa to aplikacje specjalizowane, przystosowane do sterowania wybranymi procesami przemysłowymi. Najczęściej są to: wydobycie gazu i ropy naftowej (eksploatacja złóż i wykorzystane szybów), destylacja ropy naftowej, wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach ciepłych (kotły, turbiny), produkcja szkła (piece, zasilacze, linie produkcyjne) oraz procesy w przemyśle chemicznym (różnego rodzaju reaktory chemiczne, głównie reakcje polimeryzacji). Trzecią grupę stanowią programy uniwersalne, do których można dokupić moduły specjalizowane, najczęściej dostosowane do potrzeb jednej z wymienionych wyżej gałęzi przemysłu.

Poniżej zestawiono główne gałęzie przemysłu i stosowane w nich procesy produkcyjne, wymieniane przez producentów aplikacji APC/SPC:

- przemysł spożywczy (fermentacja, gotowanie, wędzenie, palenie kawy, ciągle wypiekanie pieczywa, produkcja cukru, przetwórstwo mleka, kontrola wilgotności)
- przemysł chemiczny (produkcja mydła i detergentów, pigmentów i barwników, włókien i tkanin, polimerów, żywic i tworzyw sztucznych, biopaliw, wybielanie, destylacja)

- obróbka skrawaniem, spawanie i lutowanie, malowanie i nakładanie powłok, wytwarzanie materiałów kompozytowych
- wytwarzanie energii elektrycznej (automatyzacja kotłów parowych w elektrowniach, softsensing dla turbin parowych, energetyka wiatrowa)
- wydobycie i przetwarzanie minerałów i węgla (górnictwo, cementownie, koksownie, zakłady oczyszczania węgla, huty)
- przemysł hutniczy i metalurgiczny (hutnictwo stali, miedzi, aluminium, proces ciągłego odlewania stali, obróbka cieplna stali nierdzewnej)
- wydobycie i przeróbka ropy naftowej i gazu ziemnego (rafinerie, produkcja gazu LPG, ustalanie planu eksploatacji szybów naftowych)
- przetwórstwo tworzyw sztucznych (wytłaczanie, wtryskiwanie)
- produkcja półprzewodników (fotolitografia, suche trawienie, obróbka termiczna, implantacja jonów)
- przemysł szklarski (stabilizacja poziomów i temperatur w piecach i w zasilaczach, utrzymanie parametrów wyrobu: butelek, rur szklanych)
- zakłady komunalne (oczyszczalnie ścieków, zakłady uzdatniania wody, kontrola odczynu pH i stężenia chloru przy uzdatnianiu wody)
- przemysł papierniczy (produkcja masy papierniczej i papieru, sterowanie wilgotnością taśmy przy produkcji papieru)

Uwagi końcowe

Przedstawione w niniejszym dokumencie dane zostały opracowane głównie w oparciu o materiały pochodzące z witryn internetowych producentów systemów APC/SPC. Należy ten fakt uwzględnić przy ocenie ich wiarygodności. Nie wszyscy producenci podają referencje (wykaz wdrożeń swojego produktu), co utrudnia ocenę popularności poszczególnych rozwiązań. W opisach podawane są jedynie ogólne informacje o algorytmach zaimplementowanych w oprogramowaniu oraz o technologiach użytych przy jego tworzeniu. W związku z tym wnioski z powyższego przeglądu rynku systemów APC/SPC należy traktować jedynie jako dane orientacyjne.

Dodatki

Adresy witryn internetowych zawierających materiały dotyczące APC/SPC, pominięte w zestawieniu w głównej części niniejszego opracowania:

- <http://apmonitor.com/default.aspx>
- <http://automationonspec.com>
- <http://www.2ndpoint.com/about.php?nav=index>
- <http://www.apco-inc.com/>
- <http://www.atsigma.com/spc-main.htm>
- <http://www.automation.siemens.com/w2/automation-technology-advanced-process-control-8178.htm>
- <http://www.chemstations.com/>
- <http://www.csensesystems.com/cms/tiki-index.php?page=APCSolutions>
- <http://www.cybosoft.com/technologies/mfaoverview.html>
- <http://www.datalyzer.com/products/spectrum/>
- http://www.factorysystems.net/products/spc_charts_graphs.html
- <http://www.machineautomation.ca>
- <http://www.mavtechglobal.com/services/industrial-automation/advanced-automation.aspx>
- <http://www.qualitran.com>
- <http://www.qualityamerica.com>
- <http://www.stctrl.com/OptirampPG.html>
- <http://www.worldclassaps.com/Ilog.html>

Witryny producentów oprogramowania lub systemów sterowania dla automatyzacji procesów szklarskich (większość wymieniono w głównej części opracowania):

- <http://www.comp-as.com>
- <http://www.gsl.cz>
- <http://www.tno.nl>
- <http://intellopt.com>
- <http://www.ipcos.be>
- <http://www.andritzautomation.com>

Adresy witryn internetowych zawierających wykazy producentów oprogramowania dla potrzeb automatyki przemysłowej:

- <http://www.askache.com/AskaChEp.htm>
- <http://www.dmoz.org/Computers/Software/Manufacturing/Process/>
- <http://www.dmoz.org/Computers/Software/Manufacturing/Automation/>
- <http://www.iainsider.co.uk/scadasites.htm#A>
- <http://www.google.com/Top/Computers/Software/Manufacturing/Automation/>
- <http://www.msclub.ce.cctpu.edu.ru/SCADA/Ssites.htm>
- <http://www3.sympatico.ca/rmsystems/scada%20links.htm>

- <http://www.apc-network.com/apc/Default.aspx?tabindex=0&tabid=63>
- <http://mypersonalhomepage.net/index.php?c=Computers/Software/Manufacturing/Automation>

Objaśnienia skrótów

W opisach dostarczanych przez producentów oprogramowania realizującego zaawansowane lub statystyczne sterowanie procesami, używane są następujące skróty:

- APC – Advanced Process Control
- API – Application Programming Interface
- APS – Advanced Process Simulation / Advanced Planning and Scheduling
- CAD – Computer-Aided Design
- CAE – Computer-Aided Engineering
- CAM – Computer-Aided Manufacturing
- CC – Coordinated Control
- CFD – Computation Fluid Dynamics
- CSV – Comma Separated Values
- DCS – distributed control system
- DDE – Dynamic Data Exchange
- DMC – Dynamic Matrix Control
- DOE – Design of Experiments
- FDC – Fault Detection and Classification
- FEM – Finite Element Metod
- GMC – Generic Model Control
- GMV – Generalised Minimum Variance
- GPC – Generalised Predictive Control / Geometric Process Control
- GUI – Graphical User Interface
- HMI – Human-Machine Interface
- IMC – Internal Model Control
- LP – Linear Programming
- MFA – Model-Free Adaptive control
- MFC – Model Following Control
- MMC – Modular Multivariable Control
- MPC – Modelbased / Model / Multivariable Predictive Control
- MVA – Multi-Variate Analysis
- ODBC – Open Database Connectivity
- OPC – OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control; pod skrótem tym kryje się szereg odmian protokołu OPC: Data Access, Historical Data Access, Alarms & Events, Security, Batch, Unified Architecture
- PAC – Programmable Automation Controller
- PDF – Probability Density Function
- PLC – Programmable Logic Controller
- QP – Quadratic Programming
- R2R – Run-to-Run Control

RTO – Real-Time Optimization
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition
SEO – Sequential Empirical Optimization
SPC – Statistical Process Control
SSQP – Successive Sequential Quadratic Programming
VB – Visual Basic

W Internecie znaleźć można szereg witryn WWW, udostępniających słowniczki pojęć związanych z automatyką i teorią sterowania. Oto adresy kilku z nich.

- <http://read-out.net/signpost/cl.html>
- <http://dse.ssi.ist.hokudai.ac.jp/~onosato/manuterm.html>
- <http://www.proflowsystems.com/controlsystem-glossary.html>
- <http://www.iceweb.com.au/acronym/acronym.htm>
- <http://www.dis.com.sg/info-centre/info-acronyms/>
- http://dereng.com/tlas_glossary.htm

Literatura

- [1] Harold L. Wade
Basic and Advanced Regulatory Control: System Design and Application
ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society
2004
ISBN 1-55617-873-5
- [2] Roland S. Burns
Advanced Control Engineering
Butterworth – Heinemann
2001
ISBN 0 7506 5100 8
- [3] Enso Ikonen, Kaddour Najim
Advanced Process Identification and Control
Marcel Dekker
New York 2002
- [4] *Guide to Advanced Control Systems*
API Recommended Practice 557
American Petroleum Institute
December 2000
- [5] Béla G. Lipták
Instrument Engineers' Handbook
Process Control and Optimization
Volume II
CRC Press, Taylor & Francis
2006
- [6] B. Roffel, B. H. L. Betlem
Advanced Practical Process Control
Springer
Berlin Heidelberg 2004