

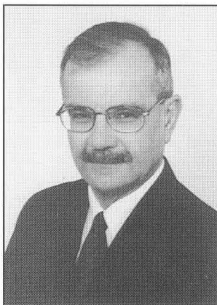
Leszek TRYBUS

POLITECHNIKA RZESZOWSKA, KATEDRA INFORMATYKI I AUTOMATYKI

Rozproszone systemy sterowania DCS*

Prof. dr hab. inż. Leszek Trybus

Kierownik Katedry Informatyki i Automatyki Politechniki Rzeszowskiej. Od ukończenia studiów pracuje w Politechnice Rzeszowskiej. Autor ok. 150 publikacji. Zajmuje się regulatorami mikroprocesorowymi, rozproszonymi systemami sterowania i zastosowaniami informatyki.



e-mail: ltrybus@prz-rzeszow.pl

Streszczenie

Dokonano przeglądu aktualnych cech dziewięciu rozproszonych systemów sterowania firm ABB, Siemens, Emerson, Metso i Alstom. Przegląd obejmuje architekturę ogólną, stacje procesowe, komunikację, inżynierię, podsystemy operatorski i informacyjny. Przedstawiono tabele porównawcze.

Abstract

Current features of nine distributed control systems from ABB, Siemens, Emerson, Metso and Alstom are reviewed. The review includes architecture, control stations, communications, engineering, operator and information subsystems. Comparison tables are provided.

Słowa kluczowe: systemy sterowania, komunikacja, informacja.

Keywords: control systems, communications, information.

1. Wprowadzenie

W tabeli 1 wymieniono największe systemy DCS (*Distributed Control Systems*) stosowane obecnie w Polsce. Aktualny poziom techniczny jest wynikiem ich 20...30-letniego rozwoju. Melody IT i AC 800 M są sprzętowymi wariantami systemu 800xA ABB wyróżnionego ostatnio przez *Control Engineering* [1]. Teleperm XP ma być wkrótce zastąpiony przez TXP PLUS, a Experion PKS przez R300. Melody, Teleperm, Ovation i Alspa są systemami dedykowanymi dla energetyki (symbole IT, XP itd. będą opuszczane). Pozostałe systemy służą do uniwersalnych zastosowań, ale Experion i Metso występują również w wielkich elektrowniach.

W niniejszym artykule dokonano krótkiego przeglądu podstawowych cech wymienionych systemów. Nieco więcej informacji można znaleźć w referacie [2].

Tab. 1. Systemy DCS i producenci
Tab. 1. DCS systems and manufacturers

DCS	Producent	Kraj
Melody IT	ABB Hartmann-Braun	Niemcy
Teleperm XP	Siemens	Niemcy
Ovation	Emerson Westinghouse	USA
Experion PKS	Honeywell	USA
MetsoDNA	Metso Automation	Francja
AC 800M	ABB AlfaLaval	Szwecja
PCS 7	Siemens	Niemcy
DeltaV	Emerson Fisher-Rosemount	USA
Alspa P320	Alstom Power	Francja

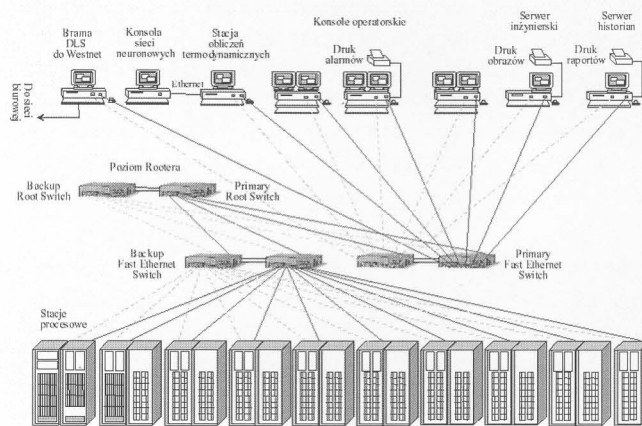
2. Architektura ogólna

Każdy system DCS składa się z czterech podsystemów - *procesowego, inżynierskiego, operatorskiego* oraz *zarządzania informacją*. Przykładową architekturę Ovation pokazano na rys. 1. Stacje komunikują się przełączanym redundowanym Ethernetem TCP/IP (100 Mb/s; 1 Gb/s ma pojawić się wkrótce).

* Opracowanie na podstawie referatu wygłoszonego w dniu 14 listopada 2005 r. na uroczystości 50-lecia PAK-u.

Tab. 2. Sieci sterujące systemów DCS
Tab. 2. Control networks of DCS systems

Sieci	DCS	Mb/s
Przełączany Ethernet	Teleperm, Ovation, Metso, AC 800M, PCS 7, DeltaV, Alspa	100/10
Cnet	Melody	2
ControlNet	Experion	5



Rys. 1. Przykładowa architektura systemu Ovation - Emerson Westinghouse (blok energetyczny 225 MW)

Fig. 1. Sample architecture of Ovation system - Emerson Westinghouse (225 MW power unit)

Sieci komunikacyjne. W systemach DCS stosowane są trzy podstawowe sieci - *sterująca, operatorska* i *polowa*. Przełączany Ethernet jest zawsze siecią operatorską i, jak widać z tab. 2, przeważa jako sieć sterująca. Sieci te mogą być zrealizowane fizycznie jako pojedyncza sieć, w której podział logiczny wynika z ruchu. Widać to na rys. 1, gdzie przełączniki *root* rozdzielają ruch między warstwą dolną a górną.

Architektury ethernetowe. Stosowane są dwa rodzaje architektur: - *drzewo hierarchiczne* (rys.1): Melody, Ovation, Experion, Metso, AC 800M, DeltaV, - *pierścień* (nie pokazany): Teleperm, Alspa, PCS 7.

W przypadku pierścienia czas, w ciągu którego komunikacja zostaje nawiązana po przerwaniu połączenia nie przekracza 0.3 s. Hierarchiczne redundowane drzewo wymaga przynajmniej 1 s, ponieważ przełączniki muszą być tak rekonfigurowane, aby nowe ścieżki komunikacyjne nie zawierały pętli. Umożliwiają to protokoły *UpLink Fast* - Cisco, *RNRP* - ABB, *FTE* - Honeywell oraz *RNRP* nowego standardu IEEE 801.w (*Rapid Spanning Tree Protocol*).

3. Stacje procesowe

Wspólne cechy stacji procesowych są następujące:

- pojedyncza stacja obsługuje 1000 do 3000 we/wy (wejść/wyjść),
- CPU, zasilacze i interfejsy komunikacyjne są zawsze redundowane,
- moduły (karty) można wymieniać „pod napięciem”,
- moduły we/wy izoluje się od obiektu; zasilacze i magistrale komunikacyjne są izolowane,
- przerwanie komunikacji modułu z CPU powoduje podtrzymanie ostatnich wartości lub ustawienie skonfigurowanych wartości bezpiecznych.

Cykle i zadania. Podano je w tab. 3. Jak widać, najkrótsze cykle są rzędu milisekund. W Telepermie ze względu na długi cykl szyb-

kie sterowanie logiczne realizują moduły inteligentne (nowy system TXP PLUS ma przejść CPU z PCS 7). Dowolna liczba zadań oznacza, że podstawowe zadanie procesora inkrementuje liczniki zegarowe (np. $n \times 100$ ms). Gdy licznik osiąga wartość cyklu następuje aktywacja przyporządkowanych do niego programów sterowania.

Moduły we/wy. Oprócz cech podanych wyżej charakteryzuje je:

- przetwarzanie „na karcie“ obejmujące filtrację, linearyzację, korekcję temperaturową, monitorowanie przekroczeń,
- autodiagnostyka wykrywająca przerwę lub zwarcie w obwodzie, drgania lub „zawieszenie“ styków,
- moduły inteligentne funkcjonujące jako regulatory PID, sterowniki napędów, mini-PLC.

Stemplowanie czasowe. 1 ms rozdzielczości zdarzeń wymagane przez energetykę zmusza do stemplowania sygnału „w źródle“, tj. najlepiej w module wejściowym albo przynajmniej w CPU. Wygląda to faktycznie następująco:

- moduły wejść binarnych Melody, Telepermu i Metso prowadzą stemplowanie czasowe,
- moduły SOE (*Sequence of Events*) stosowane w innych systemach rejestrują we własnej pamięci sekwencję zmian wejść binarnych; jest ona potem odczytywana przez CPU i przesyłana do serwera,
- wejścia analogowe nie zmieniają się gwałtownie, więc stemplują je CPU (w Alspie podsystem operatorski).

Odbiornik GPS dołączony do stacji *master* dostarcza informacji o aktualnym czasie, która co 10...60 s jest rozsyłana po systemie. Problemem pozostaje jednak osiągnięcie 1 ms dokładności synchronizacji pomiędzy stacjami. Łatwiej jest to uzyskać w architekturze pierścieniowej (pkt. 2). Architektura drzewiasta ogranicza na ogół dokładność do 2...3 ms.

Stacje oddalone. Część obiektów technologicznych bywa sterowana przez stacje oddalone, często wyglądające jak zestawy modułów przytwierdzonych do szyny DIN (35 mm). W Experionie istnieją trzy typy stacji procesowych - centralna CIOM-A, standardowa oddalona RIOM-A i oddalona iskrobezpieczna RIOM-H. Podobnie jest w większości pozostałych systemów.

Tab. 3. Cykle obliczeń i liczby zadań

Tab. 3. Calculation cycles and number of tasks

DCS	Zakres cyklu	Liczba zadań
Melody	10 ms – 2900 h	16
Teleperm	100 ms – 30 s	dowolna
Ovation	10 ms – 30 s	5
Experion	5, 10, 20, 50, 100 ms 50, 100, 200, 500 ms, 2s	6
Metso	$n \times 10$ ms	dowolna
AC 800M	min. 2 ms	16
PCS 7	1 ms – 60 s	dowolna
DeltaV	100, 200, 500 ms, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 60 s	10
Alspa	10 – 900 ms	dowolna

4. Otwarta komunikacja

Aparatura obiektowa. Do konfiguracji, parametryzacji, kalibracji i diagnostyki przetworników inteligentnych, siłowników, falowników itp. służą protokoły HART, Profibus, FF (*Foundation Fieldbus*) i WFIP. W tab. 4 podano, które z nich oraz jakie oprogramowanie są stosowane w konkretnym systemie.

Standardowe magistrale polowe. Jak widać z tab. 5, Profibus przeważa w systemach europejskich, a FF w amerykańskich. Za wyjątkiem Ovation i Metso, pierwsza spośród podanych magistral służą do komunikacji ze stacjami oddalonymi (np. ControlNet w Experionie). Ovation stosuje Ethernet (10 Mb/s), a Metso albo Ethernet albo RS-485.

RS-485 i Ethernet. Interfejsy te służą do obsługi niestandardowych protokołów stosowanych w sterownikach turbin i generatorów, starszych PLC itp. Przykładami takich protokołów są:

- *RS-485*: Modbus, 3964R, MPI, Allen-Bradley, Comli, SAIA, Omron, Hitachi, HIMA, Profisafe,
- *Ethernet*: Modbus TCP/OPC, FF-HSE, IEC 870, ABB Insum, GE Mark, Profinet, Ethway.

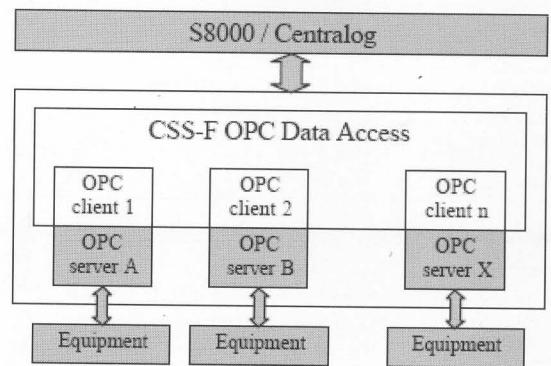
Jednak za wyjątkiem powszechnego Modbusa nie wszystkie z tych protokołów są dostępne w każdym systemie.

OPC. Jest to standardowy protokół ethernetowy stosowany do wymiany danych między systemami DCS. Na daną w OPC składa się wartość, stempel czasowy i kod jakości. *OPC Data Access* Alpsy zawiera trzy interfejsy obsługiwane co 200, 400 i 800 ms (rys. 2).

Sieć biurowa. Połączenie umożliwia oddzielny komputer lub router z funkcją *firewall* (*DLS Data Link Server* na rys. 1). Udostępniają one interfejsy ODBC, OLE DB i OPC. Ponieważ typową aplikacją kliencką jest Excel, więc częste są bezpośrednie interfejsy *Excel-add-in*. Narzędzia *Web Services* są jeszcze jedną drogą dostępu do danych (pkt. 7).

Tab. 4. Protokoły i oprogramowanie dla aparatury obiektowej
Tab. 4. Protocols and software for field devices

DCS	Protokoły	Oprogramowanie
Melody	HART, Profibus	FDT/DTM
Teleperm	HART, Profibus	PDM
Ovation	HART, FF	AMS
Experion	HART, FF	Asset Manager
Metso	HART, Profibus, FF	Field Care
AC 800M	HART, Profibus, FF	Asset Optimization
PCS 7	HART, Profibus	PDM
DeltaV	HART, FF	AMSinside
Alspa	HART, WFIP	Optiplant+



Rys. 2. Interfejs OPC Alspa - Alstom Power
Fig. 2. OPC interface in Alspa - Alstom Power

5. Inżynieria

Podsystemy inżynierskie mają architekturę klient-serwer z bazami danych podanymi w tab. 6.

Bloki funkcyjne i sekwencje. Schematy FBD (*Function Block Diagram*) i sieci działań SFC (*Sequential Function Chart*) służą do konfiguracji sterowania. Standard IEC 61131 [3] jest stosowany w AC 800M, PCS 7, DeltaV i Alspie. Pozostałe systemy korzystają nadal z własnych bloków funkcyjnych. AC 800M udostępnia osobny edytor graficzny do konfiguracji obrazów ilustrujących funkcjonowanie sterowania.

Moduł sterujący. Pojedynczy schemat FBD złożony z kilku do kilkunastu bloków funkcyjnych (czasem więcej), bądź sieć z jedną sekwencją SFC, jest podstawową jednostką oprogramowania nazywaną przeważnie modułem sterującym (*control module; Program Organization Unit* w IEC). Moduł sterujący jest związany z konkretnym urządzeniem technologicznym.

Edytor sprzętu. Automagiczne rozpoznawanie zainstalowanych modułów we/wy (*autosensing*), a nawet stacji stopniowo się upowszechnia (np. DeltaV, Metso). Komunikacja między stacjami jest konfigurowana automatycznie gdy wiadomo, gdzie generowane są poszczególne zmienne.

Symulacja. Uzupełnieniem testowania przez symulację wejść są modele obiektów zbudowane z bloków funkcyjnych. W większości systemów dostępne są ponadto specjalizowane narzędzia do budowy modeli za pomocą zestawu bibliotek (bilansowej, termodynamicznej itp.). Przykładem może być *Shadow Plant* Experion, *Mimic* DeltaV, *WinSim* Alspa.

Uruchamianie. Ładowanie aplikacji i uruchamianie przeprowadza się stopniowo dla kolejnych modułów sterujących. W PCS 7 nazywa się to *Configuration in Run*, a w Experionie *On-Process Migration*. Do uruchamiania *on-line* służą dynamiczne schematy FBD i sieci SFC, na których podawane są aktualne wartości oraz statusy sygnałów i kroków. Zmiany oprogramowania są możliwe na poziomie modułów. Przed załadowaniem zmodyfikowanego modułu właściwe wyjścia obiektowe i wejścia do innych modułów są ustawiane na ostatnie wartości, aby zapewnić bezzawodność.

Tab. 5. Standardowe magistrale polowe systemów DCS

Tab. 5. Standard fieldbuses of DCS systems

DCS	Magistrale polowe
Melody	Profibus
Teleperm	Profibus, AS-i
Ovation	FF
Experion	ControlNet, DeviceNet, FF, Profibus
Metso	Profibus, AS-I, FF
AC 800M	Profibus, FF
PCS 7	Profibus, AS-i
Alspa	WFIP, Profibus

Tab. 6. Bazy danych podsystemów inżynierskich

Tab. 6. Databases of engineering subsystems

Baza danych	DCS
Ingres	Melody, Teleperm
Oracle	Ovation, Alspa
MS SQL Server	Experion
Własna	Metso, AC 800M, PCS 7, DeltaV

Niestandardowe bloki. Tworzenie niestandardowych bloków umożliwiają:

- *edytory makrobloków:* wszystkie systemy DCS,
- *języki IEC 61131:* AC 800M, PCS 7, DeltaV, Alspa,
- *języki uniwersalne:* C/C++ w Ovation i Experionie, Java (*for Process Control*) w Metso.

Rozkład bloku bibliotecznego na najprostsze bloki i funkcje rozpoczyna zwykle edycję nowego makrobloku.

Pętle PID. Narzędzia oferowane dla pętli PID umożliwiają:

- *monitorowanie:* *Loop Scout* Experion, *Loop Browser* Metso, *Inspect* DeltaV,
- *samostrojanie:* *Tune* Ovation, *Autotune* AC 800M, *PID Tuner* PCS 7, *WinPIM* Alspa.

Samostrojanie bazuje głównie na odpowiedziach skokowych, ale czasem także na oscylacjach przekaźnikowych lub pobudzeniu pseudo-przypadkowym. Identyfikowane transmitancje obiektów są następujące: (1) *n*-ty rząd bez opóźnienia - Teleperm, PCS 7, (2) 2-gi rząd z opóźnieniem - Ovation, Experion, (3) *n*-ty rząd z opóźnieniem - Alspa.

Zaawansowane algorytmy. Z tabeli 7 widać, że logika rozmyta, sieci neuronowe i sterowanie predykcyjne stały się powszechne. Logika rozmyta zastępuje PID dla „trudnych” pętli regulacyjnych - Ovation, DeltaV. Sieci neuronowe funkcjonują jako wirtualne czujniki niemierzalnych wielkości, np. stężenia, sprawności - Experion, PCS 7, DeltaV, bądź jako modele proce-

su wykorzystywane do prognozowania - Ovation, Alspa (rys. 1). Sterowanie predykcyjne służy do regulacji wielowymiarowej - Ovation, DeltaV, Alspa, bądź jest zorientowane na optymalizację - Experion, Metso, PCS 7.

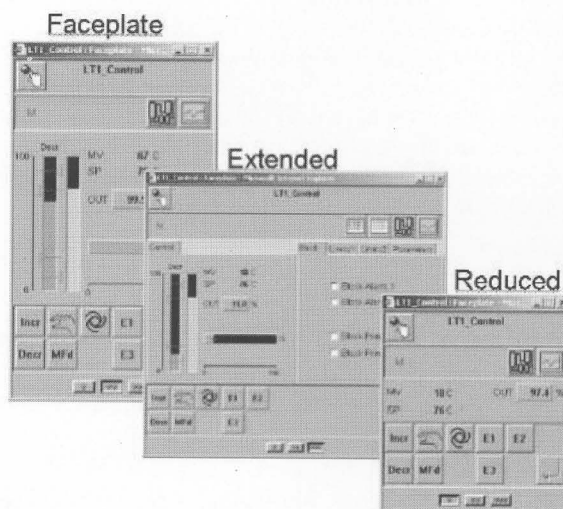
6. Podsystemy operatorskie

Platformy oparte na Windows Server/XP zdominowały Unix. Większość producentów rekomenduje komputery Dell. Siemens i Metso stosują jednak własny sprzęt, aby mieć gwarancję stabilności. Czas aktualizacji obrazu wynosi 1 s (0.1 s dla „szybkich” zmiennych w Ovation). Wywołanie nowego obrazu zajmuje 2 s.

Edytory graficzne. *HMIWeb* Experiona, *Process Portal* ABB i *Process Operator* Metso bazujące na formacie HTML określają aktualny poziom. Zarówno obiekty graficzne jak i obrazy są „kontrolkami” ActiveX. Menu kontekstowe określa linki obiektu do innego obrazu, stacyjki operatorskiej, trendu, dokumentacji itp.

Sterowanie operatorskie. Jest prowadzone za pomocą stacyjek (*faceplates*) przyporządkowanych modułom sterującym lub blokom funkcyjnym. Stacyjki mają parę wariantów (rys. 3) stosownie do potrzeb użytkowników i funkcjonują w trybie „karuzeli” lub „przypięcia” (*pinning*). Przypięcie chroni stacyjkę przed zniknięciem, gdy wywołany jest nowy obraz.

Obrazy standardowe. Każdy system DCS zawiera zestaw obrazów prezentujących dane aktualne i historyczne w ustalonej formie. Są to trendy $y=f(t)$, pola pracy $y=f(x)$, listy alarmów, grupy stacyjek, średnie itd. Okna trendów można konfigurować *on-line* przeciągając nazwy sygnałów (*tags*) z przeglądarki lub obrazu graficznego.



Rys. 3. Wersje stacyjki w Process Portalu - ABB

Fig. 3. Faceplate versions in Process Portal - ABB

Tab. 7. Zaawansowane algorytmy

Tab. 7. Advanced algorithms

Algorytm	DCS
Logika rozmyta	Ovation, Experion, Metso, AC 800M, DeltaV, Alspa
Sieć neuronowa	Ovation, Experion, Metso, AC 800M, PCS 7, DeltaV
Sterowanie predykcyjne	Ovation, Experion, Metso, PCS 7, DeltaV, Alspa

Alarmy i zdarzenia. Listy alarmów i zdarzeń można filtrować ze względu na podobszary procesu, stacje systemu, okres czasu, priorytet itp. Służy to przede wszystkim ustaleniu przyczyn niesprawności. Aplikacje dotyczące alarmów i zdarzeń są redundowane.

Indywidualne środowisko. Aktualną tendencją jest dostarczenie operatorowi narzędzi do tworzenia indywidualnego środowiska.

Składa się na to:

- *orientacja graficzna*, tzn. katalog z „ulubionymi“ obrazami, zestaw okien wewnętrznych oraz ich układ,
- *menu kontekstowe* obiektów graficznych, stacyjek, trendów, list alarmów i zdarzeń,
- *edytor graficzny* dostępny w podsystemie operatorskim (a nie tylko inżynierskim).

Orientacja graficzna i menu kontekstowe są konfigurowane *on-line* przez operatora. Środowisko pracy zależy również od zestawu aplikacji. DeltaV oferuje ich około 15.

7. Zarządzanie informacją

Platformą dla zarządzania informacją są serwery danych długookresowych nazywane *historianami* (rys. 1).

Historiany. Pojedynczy historian przechowuje 10 do 20 tys. sygnałów za okres np. 2 lat. Jak widać z tab. 8, bazą danych w ponad połowie systemów jest Oracle. Typowy cykl zapisu wynosi 5 s, a minimalny 1 s. Zdarzenia rejestrowane są w chwili wystąpienia (rozdzielczość 1 ms). Dyski RAID i redundancja serwerów gwarantują dyspozycyjność. *Uniformance PHD Experiona* i *DNA historian Metso* są niezależnymi produktami stosowanymi także w innych systemach.

Aplikacje. Każdy system DCS ma zestaw uniwersalnych aplikacji jak statystyki procesowe, przed- i poawaryjny przebieg procesu, rejestracja czasu pracy urządzeń, raporty itd. Przykładowo *Incident Review Log* Telepermu prezentuje przebiegi z kilkuminutowego okresu przed- i po określonym zdarzeniu (np. odstawieniu turbiny). Raportowanie może być cykliczne, aktywowane zdarzeniami, czasem itd. Oprócz aplikacji uniwersalnych dostępne są również aplikacje zorientowane na energetykę, chemię, papiernictwo itp. W odniesieniu do energetyki są to np. *Optimax PlantConnect* Melody, *P-calcs Performance Monitoring System* Ovation.

Web. W większości systemów tabele lub wykresy są przedstawiane jako „kontrolki“ ActiveX lub „aplety“ Javy, a więc mogą być dostępne w sieci za pomocą przeglądarek internetowych. Na przykład pakiet *eTools* Metso zawiera aplikacje *Runtime*, *Summary*, *AlarmBrowser*, *LogReport* i kilka innych. Teleperm wykorzystuje serwer *web4txp* jako platformę dla centralnej nastawni w elektrowni wieloblokowej.

Tab. 8. Bazy danych serwerów historianów
Tab. 8. Databases of historian servers

Baza danych	DCS (- baza)
Oracle	Melody, Ovation, Experion PHD, Metso Historian, AC 800M, Alspa
Inne	Teleperm – Informix Metso alarmHistorian – InfoPlus PCS 7 – MS SQL Server DeltaV – PI Data Server

Elastyczność. Dostosowanie aplikacji do konkretnych potrzeb jest warunkiem pełnego wykorzystania dostępnej informacji. Na elastyczność składają się następujące cechy:

- konfigurowanie aplikacji podczas pracy systemu,
- środowisko obliczeń technologicznych wykorzystujące Visual Basic lub własne skrypty,
- gromadzenie wiedzy na podstawie notatek operatorskich,
- odtwarzanie obrazów graficznych z danych historycznych (*Replay* Metso),
- konfiguracja okien aplikacji przez zdalnych użytkowników (*Remote Clients* ABB, *WebStage* Metso).

ABB Aspect Objects. Jest to technologia pozwalająca integrować w jednolitym środowisku całość informacji o procesie, tzn. dotyczącej sterowania, obsługi operatorskiej, konserwacji urządzeń, technologii itp. [4]. Informacja ta pochodzi z różnych źródeł, ale standardowe interfejsy udostępniają ją różnym grupom użytkowników - automatykom, operatorom, konserwatorom, technologom - w zrozumiałej dla nich formie. Aspektem realnego obiektu - sterownika, zaworu, pompy - jest jego cecha oraz funkcje służące do jej przetwarzania, istotne z punktu widzenia danej grupy. Aspektem może być schemat FBD, obraz graficzny, instrukcja konserwacji, tabela danych o jakości produkcji. W sensie informatycznym obiekt jest nośnikiem odsyłaczy do swoich aspektów. Serwery aspektów występujące w systemach ABB (*Melody*, *AC 800M*) zawierają bazy danych z odpowiednimi informacjami. Podobne tendencje do integracji w systemie DCS ogółu informacji o procesie widać również u innych producentów, np. w pakiecie *SIM IT* Siemens.

8. Podsumowanie

Dokonano przeglądu podstawowych cech rozproszonych systemów sterowania DCS. Złożyły się na to architektura i sieci, stacje procesowe, obsługa aparatury obiektowej, protokół OPC, charakterystyka inżynierii, indywidualizacja środowiska operatorskiego oraz elastyczność zarządzania informacją. Systemy DCS stają się platformą do integracji całości informacji o sterowanym procesie.

9. Literatura

- [1] J. Montague, M. T. Hoske: *Nawałnica nowości*. Control Engineering Polska. 2005, III, nr 2, 19-20.
- [2] L. Trybus: *Systemy sterowania w energetyce*. XV Krajowa Konferencja Automatyki. 2005, t. 1, 29-40.
- [3] J. Kasprzyk: *Programowanie sterowników przemysłowych*. WNT, Warszawa, 2006.
- [4] ABB Industrial IT. *Extended Automation System 800xA*. System Guide. Document no. 3BSE034461R301, 2004.

Title: DCS distributed control systems.

XVIIIth Joint Symposium

on Photonics and Web Engineering

Electronics for Astronomy and High Energy Physics Experiments

Warsaw University of Technology Resort, WILGA, 29 May - 4 June 2006

Organizers

WUT - Faculty of Electronics and Information Technologies - Institute of Electronic Systems - PERG/ELHEP Laboratories; IEEE Student Branch - Warsaw University of Technology, DESY-LLRF Team

<http://wilga.ise.pw.edu.pl> photonics@ise.pw.edu.pl