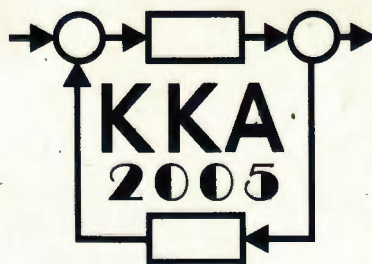


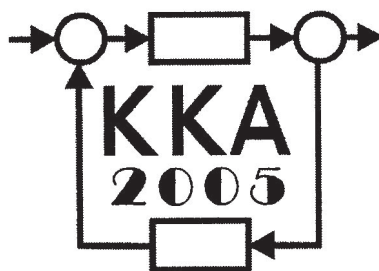
XV Krajowa Konferencja Automatyki

Tom I



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

XV Krajowa Konferencja Automatyki Tom I



Redaktorzy:
Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK

ORGANIZATOR

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

WSPÓŁORGANIZATORZY

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
Zastępca Przewodniczącego

Zdzisław BUBNICKI
Roman KULIKOWSKI

CZŁONKOWIE

Stanisław BAŃKA
Mikołaj BUSŁOWICZ
Ryszard GESSING
Jakub GUTENBAUM
Stanisław KACZANOWSKI
Janusz KACPRZYK
Józef KORBICZ
Krzysztof KOZŁOWSKI
Krzysztof KUŹMIŃSKI
Krzysztof MALINOWSKI
Antoni NIEDERLIŃSKI
Tadeusz PUCHAŁKA
Stanisław SKOCZOWSKI
Jerzy ŚWIĄTEK
Ryszard TADEUSIEWICZ
Krzysztof TCHOŃ
Jan WĘGLARZ

Michał BIAŁKO
Władysław FINDEISEN
Henryk GÓRECKI
Jerzy JÓZEFczyk
Tadeusz KACZOREK
Jerzy KLAMKA
Zbigniew KOWALSKI
Juliusz L. KULIKOWSKI
Kazimierz MALANOWSKI
Wojciech MITKOWSKI
Władysław PEŁCZEWSKI
Leszek RUTKOWSKI
Roman SŁOWIŃSKI
Andrzej ŚWIERNIAK
Piotr TATJIEWSKI
Leszek TRYBUS
Andrzej P. WIERZBICKI

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący
Zastępcy Przewodniczącego

Roman KULIKOWSKI
Janusz KACPRZYK
Stanisław KACZANOWSKI
Tadeusz KACZOREK
Krzysztof MALINOWSKI
Roman OSTROWSKI
Tadeusz PUCHAŁKA
Dariusz WAGNER
Jan STUDZIŃSKI
Jan W. OWSIŃSKI

Członkowie

Sekretarze naukowci

ISBN 83-89475-00-6

Copyright © Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk
All rights reserved

Druk: ARGRAF, Warszawa

REFERATY PLENARNE

SYSTEMY STEROWANIA W ENERGETYCE[†]

Leszek TRYBUS

Politechnika Rzeszowska, Katedra Informatyki i Automatyki
 ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, e-mail: ltrybus@prz-rzeszow.pl

Streszczenie: Dokonano przeglądu podstawowych cech systemów sterowania DCS stosowanych w energetyce krajowej. Podstawowymi składnikami są podsystemy procesowy, operatorski, archiwizujący i inżynierski. Scharakteryzowano architekturę i główne magistrale, centralne i oddalone stacje procesowe, stemplowanie czasowe, aspekty otwartości komunikacyjnej, zaawansowane algorytmy i automatyczne strojenie, wybrane cechy obsługi operatorskiej, wizualizacji i archiwizacji, pakiety do obliczeń termodynamicznych oraz serwery internetowe. Wskazano na uwarunkowania przyjętych rozwiązań oraz rysujące się trendy.

Słowa kluczowe: Systemy sterowania DCS, architektury, stacje procesowe, komunikacja, algorytmy, samostrojenie.

1. WPROWADZENIE

Systemy DCS (*Distributed Control Systems*) stosowane w energetyce mają cztery podstawowe cechy wymagane dla automatyzacji największych obiektów:

- redundancja na wszystkich poziomach
- izolacja galwaniczna systemu od obiektu
- precyzyjne stemplowanie czasowe zdarzeń i pomiarów
- otwarta komunikacja dla aparatury obiektowej, sieci biurowej i innych systemów.

W tab. 1 wymieniono systemy spotykane w Polsce. Melody IT, Teleperm XP i PCS 7 są produkowane w Niemczech, Ovation, Experion PKS i DeltaV w USA, metsoDNA w Finlandii, AC 800M w Szwecji, a Alspa P320 we Francji.

Tab. 1. Systemy DCS i producenci

DCS	Producent	Kraj
Melody IT	ABB Hartmann–Braun	D
Teleperm XP	Siemens	D
Ovation	Emerson Westinghouse	USA
metsoDNA	Metso Automation	F
Experion PKS	Honeywell	USA
AC 800M	ABB AlfaLaval	S
PCS 7	Siemens	D
DeltaV	Emerson Fisher–Rosemount	USA
Alspa P320	Alstom Power	F

Aktualny poziom techniczny i realizowane funkcje wynikają z 20–30 lat doświadczeń i rozwoju wcześniejszych wersji. Melody IT i AC 800M są wariantami systemu 800xA uznanego ostatnio przez *Control Engineering* za produkt roku 2004 [2].

Zastosowania. Wśród wymienionych systemów dla energetyki zawodowej (elektrownie) przeznaczone są Melody, Teleperm, Ovation, metsoDNA i Alspa (dopiski IT, XP i P320 będą dalej opuszczane). Pozostałe są systemami ogólnego przeznaczenia, a więc także dla energetyki ciepłej (elektrociepłownie). Przykłady zastosowań krajowych podano w tab. 2. Warto dodać, że metsoDNA jest stosowany w papiernictwie, a Alspa ma sterować największym blokiem energetycznym budowanym w Elektrowni Bełchatów (830 MW).

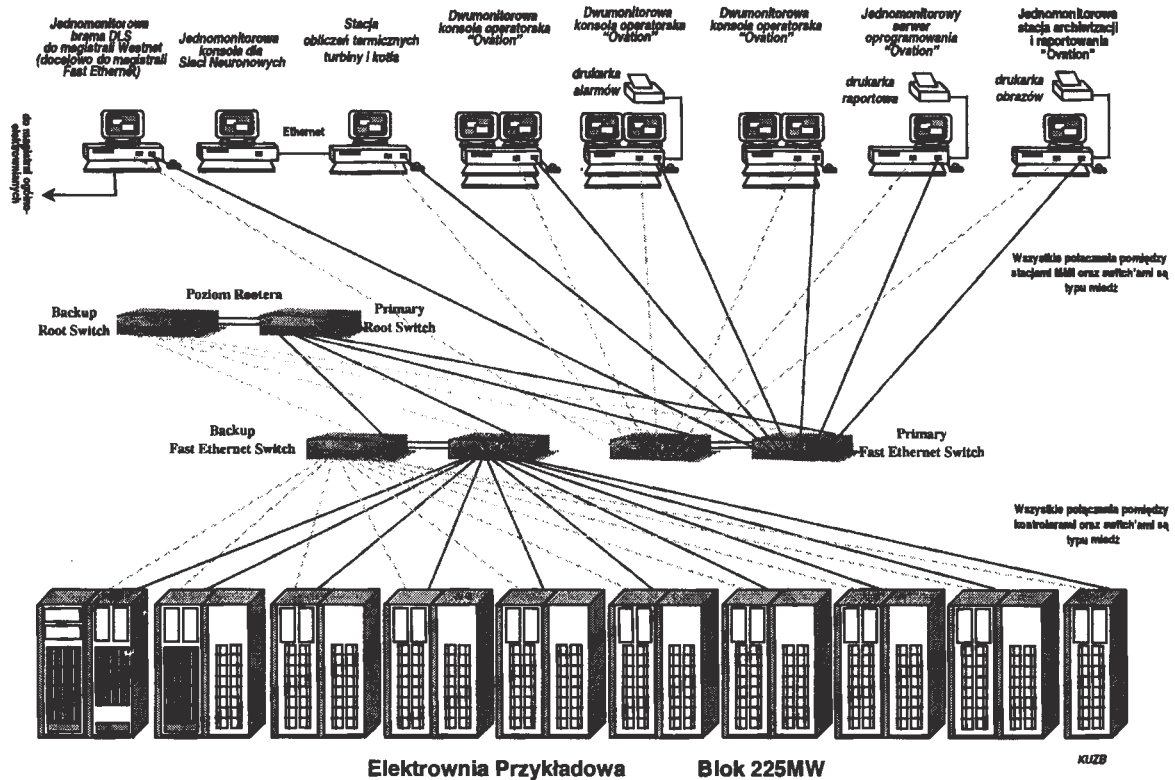
Tab. 2. Systemy DCS w obiektach krajowych

DCS	Obiekty
Melody	El Turów, EC Lublin, EC Rzeszów
Teleperm	El Opole, EC Bielsko B., El Turów
Ovation	El Kozienice, El Połaniec, El Bełchatów
metsoDNA	El Siersza, EC Żerań, EC Tychy
Experion	EC Białystok, EC Świecie, PKN Orlen
AC 800M	Cement. Chełm, Int. Paper Kwidziń
PCS 7	EC Siekierki, EC Wybrz., EC Chorzów
DeltaV	PKN Orlen, ZA Puławy, Brow. Żywiec
Alspa	EC Zielona Góra, EC Bielsko Biała

2. ARCHITEKTURA I MAGISTRALE

Każdy system DCS zawiera cztery podstawowe podsystemy – *procesowy, operatorski, archiwizujący i inżynierski*. Na rys. 1 pokazano architekturę systemu Ovation dla typowego bloku 225 MW. Podsystem procesowy stanowią stacje sterujące, operatorski – konsole dwumonitorowe, archiwizujący – stacja archiwizacji i raportowania, a inżynierski – serwer oprogramowania. Jest tu jednak jeszcze stacja obliczeń termicznych, konsola sieci neuronowych oraz brama do sieci ogólnoelektrownianej i magistrali Westnet (starszego systemu WDPF). Wszystkie urządzenia połączone są redundantną siecią Ethernet TCP/IP 100 Mb/s.

Nastawnia Blokowa



Rys. 1. Architektura systemu Ovation – Emerson Westinghouse dla bloku energetycznego 225 MW

Magistrale. W systemach DCS wyróżnia się trzy główne magistrale komunikacyjne – sterującą, operatorską i polową. Typy magistral sterujących podano w tab. 3. W przypadku Ethernetu „kręgosłup” (backbone) łączący switche ma prędkość 100 Mb/s, a interfejsy stacji procesowych 10 Mb/s. Magistralą operatorską jest zawsze Ethernet 100 Mb/s (niebawem można oczekiwać 1 Gb/s). Jeżeli magistrala sterująca i operatorska są ethernetowe, to mogą one fizycznie stanowić wspólną sieć, zaś podział ma wtedy charakter logiczny i dotyczy ruchu komunikacyjnego. Jest tak m.in. w systemie z rys. 1, gdzie lewa dolna para switchy organizuje ruch między stacjami procesowymi (magistrala sterująca), a prawa ruch między stacjami operatorskimi, stacją archiwizacji itd. Switche root realizują połączenie.

Tab. 3. Magistrale sterujące systemów DCS

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

Ethernet. Stosowane są dwa rodzaje architektur:

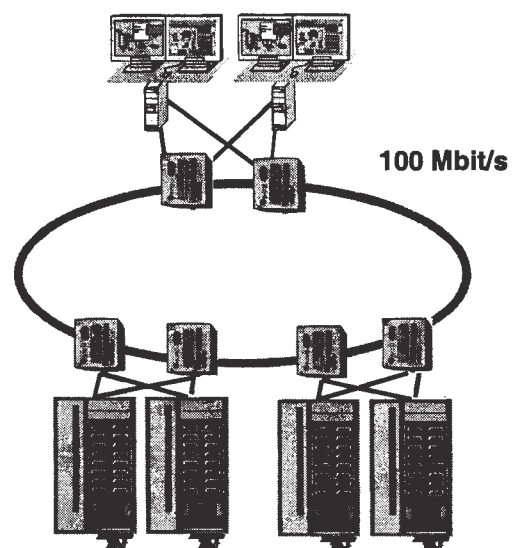
- drzewo (rys. 1): Ovation, Experion, AC 800M, DeltaV
- pierścień (rys. 2): Teleperm, PCS 7, Alspa.

Drzewo lub pierścień można zastosować w Melody i metsoDNA. W przypadku pierścienia czas nawiązania połączenia przez master switch po przerwaniu obwodu nie przekracza 0.3 s. W drzewie trwa to przynajmniej

1 s, bo problemem jest taka rekonfiguracja switchy po stwierdzeniu przerwy, aby ścieżka nowego komunikatu nie zawierała pętli. Uniknięcie pętli w hierarchicznym redundowanym drzewie umożliwiają następujące protokoły:

- UpLink Fast – Cisco
- Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) – standard IEEE 801.w
- Fault Tolerant Ethernet (FTE) – Honeywell
- Redundant Network Routing Protocol (RNRP) – ABB.

W RSTP i RNRP węzły sieci wysyłają specjalne komunikaty diagnozujące połączenia (odpowiednio BPDU



Rys. 2. Architektura pierścieniowa w systemie metsoDNA – Metso Automation

messages i RMON probes). Standard RSTP przyjęto niedawno. Na razie stosują go HP i Moxa.

Magistrale polowe (własne). W tab. 4 podano magistrale, przez które centralne stacje procesowe komunikują się z oddalonymi stacjami I/O (wejść/wyjść). 3 Mb/s jest typową prędkością Profibus (DP) przy połączeniu światłowodowym (max. 12 Mb/s). Wyjawszy FF (Foundation Fieldbus) prędkości magistral polowych są tego samego rzędu. Mała prędkość FF nie stanowi jednak ograniczenia w DeltaV, bo stacją oddaloną jest tu niewielka stacja procesowa złożona z modułów umieszczonych na szynie DIN 35 mm. Własne magistrale polowe systemów DCS są zawsze redundowane.

Tab. 4. Magistrale oddalonych stacji I/O

DCS	Magistrala	Mb/s
Melody	Fnet, Profibus	2, 3
Teleperm	Profibus	3
Ovation	Ethernet	10
metsoDNA	Fieldbus, Ethernet	1, 10
Experion	ControlNet, UCN	5, 5
AC 800M	Profibus, Modulebus	3, 10
PCS 7	Profibus	3
DeltaV	FF	0.03
Alspa	WFIP	2.5

3. STACJE PROCESOWE

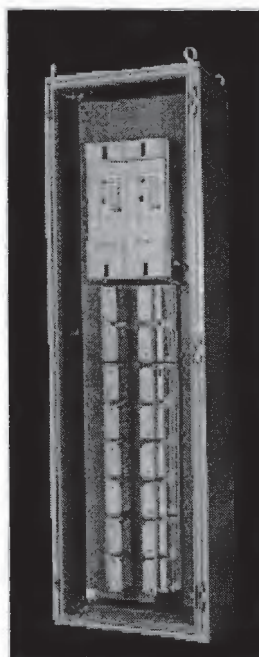
Dwa przykłady stacji pokazano na rys. 3. Cechy wspólne wyglądają następująco [3]:

- **Liczba sygnałów.** Stacje procesowe obsługują zwykle 1000–2000 sygnałów I/O.

a)



b)



Rys. 3. Stacje procesowe systemów: a) Melody IT – ABB Hartman-Braun, b) Ovation – Emerson Westinghouse

- **Redundancja.** Redundowane są zawsze jednostki centralne CPU, zasilacze i interfejsy komunikacyjne.
- **Wymiana „pod napięciem”.** Niesprawne moduły I/O można wymienić przy pracującym systemie.
- **Izolacja galwaniczna.** Dotyczy magistral komunikacyjnych i zasilania. Moduły I/O są odizolowane od CPU.
- **Przerwanie komunikacji z CPU.** Moduły wyjść podtrzymują ostatnio przesłaną wartość albo ustawiają skonfigurowany stan bezpieczny.

CPU. Podstawowe parametry jednostek centralnych podano w tab. 5.

- **Procesor.** Największą moc ma nowy procesor w metsoDNA (służy on także jako stacja *back-up*, *gateway* itp.). Ograniczona moc CPU Telepermu jest rekompensowana przetwarzaniem w modułach I/O i stacji Processing Unit pośredniczącej między podsystemem procesowym a operatorskim.

Tab. 5. Procesory i systemy operacyjne

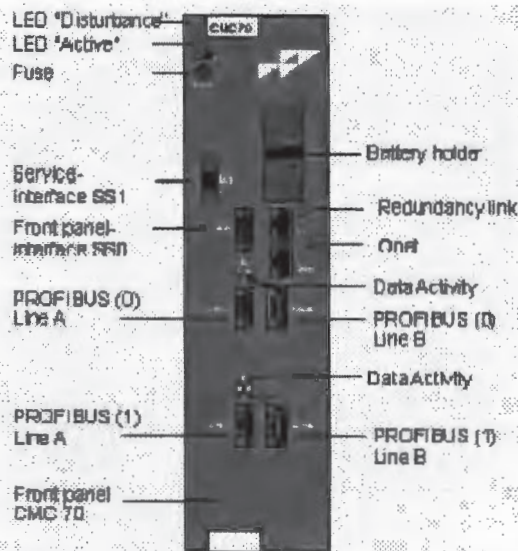
DCS	CPU	MHz/MB	RTOS
Melody	Pentium	333/64	pSOS+
Teleperm	Infineon	?/1.6	własny
Ovation	Pentium	266/64	VxWorks
metsoDNA	Celeron	2000/25	Linux
Experion	Pentium	100/8	własny
AC 800M	MPC862	96/32	własny
PCS 7	Infineon	?/24	własny
DeltaV	80486?	?/14	własny
Alspa	80486	96/6	własny

- **Pamięć RAM.** Znaczna pamięć Melody, Ovation i metsoDNA pozwala buforować dane przed przesłaniem do serwera archiwizującego. Jest to potrzebne w sytuacjach awaryjnych, gdzie pojawia się nadmiar informacji o zdarzeniach i alarmach.
- **System RTOS.** Większość producentów stosuje własne systemy operacyjne czasu rzeczywistego. VxWorks w Ovation i Linux w metsoDNA stwarzają możliwość dopisania własnych programów.

Program wykonywany przez CPU jest na ogół przechowywany w pamięci *flash* przyspieszając start. Niektóre CPU, jak np. CMC 70 Melody z rys. 4, mają wbudowane interfejsy komunikacyjne dla podstawowych magistral (w CMC 70 złącza Cnet, Fnet są z tyłu).

Cykle i zadania. Podano je w tab. 6.

- **Cykle.** Najkrótszy cykl, porównywalny ze sterownikami PLC, mają PCS 7, AC 800M i Experion (5 ms w wersji do sterowania logicznego). W Telepermie szybkie sterowanie logiczne realizują moduły inteligentne.
- **Zadania.** Dowolna liczba zadań oznacza, że podstawowe zadanie informatyczne jest wykonywane z minimalnym cyklem (100 ms w Telepermie, 10 ms w metsoDNA) inkrementując liczniki zegarowe ($n \times 100$, $n \times 10$). Gdy licznik osiąga skonfigurowaną wartość następuje aktywacja przypisanego do niego zadania sterowania (programu).



Rys. 4. Jednostka centralna CMC 70 systemu Melody IT – ABB Hartmann-Braun

Moduły I/O. Zawierają mikrokontrolery prowadzące przetwarzanie wstępne i komunikację z CPU. W większości systemów moduły I/O umieszczane są w obudowach (jak w Ovation na rys. 3). Podstawowe cechy wyglądają następująco:

- **Liczba kanałów.** Waha się od 4 do 32 zależnie od wymiarów modułów. Wejść jest dwukrotnie więcej niż wyjść.
- **Przetwarzanie.** W modułach Telepermu (najbardziej zaawansowanych) obejmuje ono filtrację cyfrową, sygnalizację przekroczeń, linearyzację charakterystyki oraz kompensację temperatury „zimnych końców”. Niemal tyle samo funkcji mają moduły Melody.
- **Autodiagnostyka.** Chodzi o wykrycie przerwania linii sygnałowej, brak zasilania obwodu, drgania styków lub ich niedopuszczalne położenie itp.

Tab. 6. Cykle obliczeń i liczby zadań

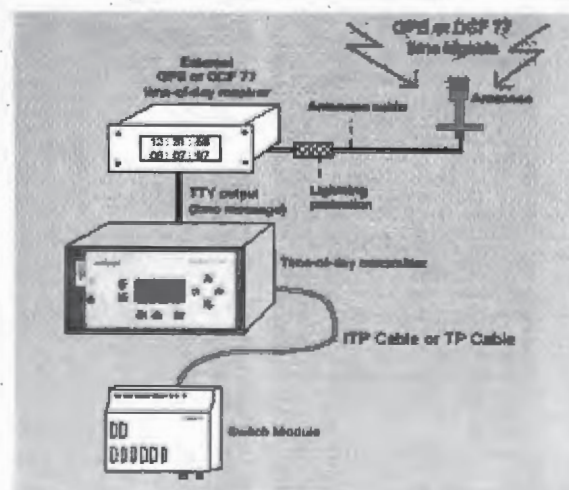
DCS	Cykl	Liczba zadań
Melody	10 ms – 2900 h	16
Teleperm	100 ms – 30 s	dowolna
Ovation	10 ms – 30 s	5
metsoDNA	$n \times 10$ ms	dowolna
Experion	5, 10, 20, 50, 100 ms 50, 100, 200, 500 ms, 2s	6
AC 800M	min. 2 ms	16
PCS 7	1 ms – 60 s	dowolna
DeltaV	100, 200, 500 ms, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 60 s	10
Alspa	10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

- **Izolacja galwaniczna.** O izolacji od CPU już wspomniano. Kanały I/O łączy się w grupy izolowane między sobą. Dostępna jest także pełna izolacja – „kanał–od–kanału”. Grupy i izolowane kanały wymagają jednak oddzielnych zasilaczy, więc stosuje się je w razie rzeczywistych potrzeb.

- **Zasilanie obwodów.** Spotykane są moduły z własnym zasilaniem obwodów pomiarowych (nie tylko RTD) oraz niektórych wyjść. Własne zasilanie obwodu jest przydatne zwłaszcza dla przetworników 2–przewodowych (4–20 mA).
- **Redundancja modułów.** Moduły Melody, Telepermu oraz niektóre Experiona i AC 800M można łączyć w pary redundancyjne, które CPU „widzi” jak pojedyncze moduły. W pozostałych systemach o redundancji identycznie połączonych modułów rozstrządza programowo CPU.
- **Moduły inteligentne.** W systemach Melody, Teleperm, Ovation, metsoDNA, PCS 7 i Alspa znajdują się moduły pełniące funkcje regulatorów PID, sterowników PLC, sterowników napędów oraz inne specjalizowane. Moduły inteligentne prowadzą obliczenia z własnym cyklem, zależnie od przeznaczenia.

Stemplowanie czasowe. Specyficzną cechą systemów DCS dla energetyki jest stemplowanie wartości sygnałów aktualnym czasem z rozdzielczością 1 ms. Zachowanie należytej dokładności wymaga, aby stemplowanie odbywało się „jak najbliżej źródła”, czyli w modułach I/O albo przynajmniej w CPU. Dokładne uchwycenie sekwencji, w której określone pomiary osiągnęły nienormalne wartości pozwala na przykład stwierdzić co było przyczyną „wypadnięcia” turbiny. Podstawowe cechy stemplowania czasowego wyglądają następująco:

- **Typowe wejścia binarne.** W systemach Melody, Teleperm i metsoDNA stemplowania dokonują moduły typowych wejść binarnych.
- **Wejścia binarne SOE.** W pozostałych systemach szybkie sekwencje awaryjne są śledzone przez specjalne moduły SOE (*Sequence of Events*). Rejestrują one we własnej pamięci sekwencję zmian stanów wejść, którą potem przesyłają do CPU (a ta do podsystemów operatorskiego i archiwizującego).
- **Wejścia analogowe.** Nie zmieniają się równie szyb-



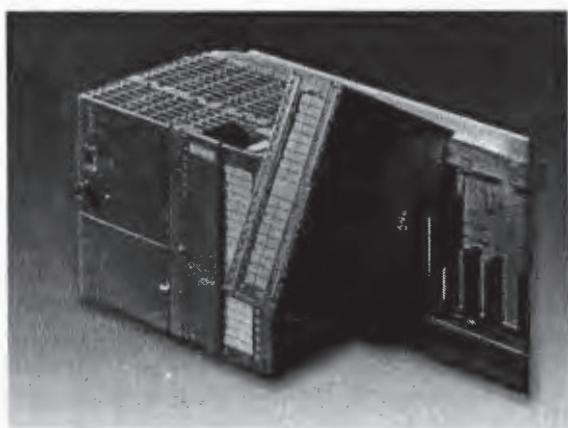
Rys. 5. Rozsyłanie sygnału czasu w sieci Simatic Net Siemens

- ko jak binarne, więc wystarczy stemplowanie przez CPU. Dla odciążenia systemu następuje to po dostatecznej zmianie sygnału (np. 0.25 lub 0.5%).
- **Synchronizacja GPS/DCF.** Informacja o aktualnym czasie pochodzi z odbiornika radiowego GPS lub

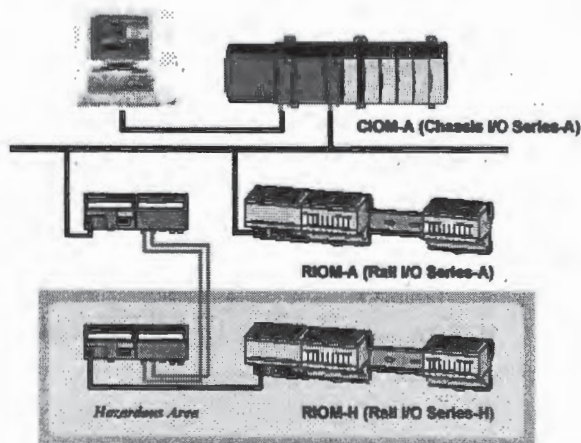
DCF 77. U Siemens odbiornik dołączony do *switcha* (rys. 5) rozsyła ją co 15 s po magistrali sterującej. W Melody i większości innych systemów jednostka CPU ma własny interfejs do odbiornika GPS/DCF.

Problemem pozostaje jednak osiągnięcie 1-milisekundowej *dokładności synchronizacji czasu* między stacjami procesowymi (uzyskują ją chyba tylko Melody, Teleperm, Ovation i metsoDNA; w Experionie wynosi ona 2–3 ms). Synchronizacja jest szczególnie ważna, gdy moduły SOE umieszczone są w innych stacjach. Alspa radzi sobie z tym przeznaczając na SOE osobny sterownik (256 wejść).

a)



b)



Rys. 6. Oddalone stacje I/O: a) ET 200M Teleperm XP, PCS 7 – Siemens, b) RIOM-A,H Experion–Honeywell

Oddalone stacje I/O. Oprócz zasadniczych urządzeń bloku energetycznego, tzn. kotła, turbiny i generatora, system DCS powinien obsługiwać pompownię wody, wieżę kondensacyjną itd. Obiekty te umieszczone są nieco dalej i na ogół nie wymagają więcej niż kilkudziesięciu sygnałów. Obsługują je więc oddalone stacje I/O mające postać kaset z modułami na szynie DIN (na ogół). Stacje oddalone komunikują się ze stacjami centralnymi za pomocą magistral z tab. 4.

Na rys. 6a pokazano stację ET 200M Telepermu i PCS 7. Zawiera ona zasilacz, interfejs komunikacyjny oraz 8 modułów I/O (SIM) różniących się od modułów centralnych Telepermu (FUM). Trzy rodzaje modułów I/O Experiona pokazano na rys. 6b, z których RIOM–A i RIOM–H służą jako oddalone (RIOM–H spełnia wymagania iskrobezpieczeństwa Exi).

4. OTWARTA KOMUNIKACJA

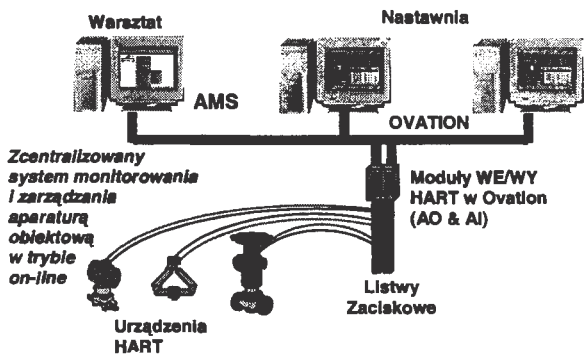
Integracja systemu DCS z inteligentną aparaturą obiektową, sterownikami turbiny i generatora, pomocniczymi sterownikami PLC oraz systemami innych producentów wymaga otwartości komunikacyjnej. Podstawowe rozwiązania w tym zakresie scharakteryzowano poniżej.

Aparatura obiektowa. Do obsługi inteligentnych przetworników, siłowników, falowników itd., czyli do konfiguracji, parametryzacji, kalibracji i diagnostyki, służą protokoły HART, Profibus (PA), FF i WFIP. W tab. 7 podano, które z nich są stosowane w danym systemie oraz jaki pakiet służy do zarządzania takim „majątkiem” (*Asset Management*). Powszechnie stosowany HART jest „sinusoidalną nakładką” (1.1/2.2 kHz) na analogowy sygnał 4–20 mA. W większości systemów komunikaty HARTa są przekazywane przez analogowe moduły I/O (specjalne), jak to pokazano na rys. 7 dla systemu Ovation. Jeśli w systemie brak takich modułów, to instaluje się *multiplekser* konwertujący komunikaty HARTa na RS–232/485 lub Ethernet dla komputera z pakietem zarządzania majątkiem (np. PDM Siemens).

Tab. 7. Protokoły i pakiety obsługi aparatury obiektowej

DCS	Protokół	Pakiet
Melody	HART, Profibus	FDT/DTM
Teleperm	HART, Profibus	PDM
Ovation	HART, FF	AMS
metsoDNA	HART, Profibus, FF	Field Care
Experion	HART, FF	Asset Manager
AC 800M	HART, Profibus, FF	Asset Optimiz.
PCS 7	HART, Profibus	PDM
DeltaV	HART, FF	AMSinside
Alspa	HART, WFIP	Optiplant+

Standardowe magistrale polowe. W tab. 8 wymieniono standardowe magistrale dostępne w systemach DCS. Profibus dominuje w systemach niemieckich, a FF w amerykańskich. WFIP jest stosowany we Francji. Magistrala AS–i łączy proste elementy automatyki – sygnalizatory, przełączniki, czujniki, zawory elektromagnetyczne. Za pomocą konwertera DP/AS–i Link można przejść z Profibus (DP) na AS–i. Z tab. 8 widać, że *najbardziej otwartym systemem* jest Experion. Magistrale ControlNet, FF i DeviceNet są jednak stosowane przede wszystkim w przemyśle amerykańskim.



Rys. 7. Pakiet Asset Management Solution (AMS) w systemie Ovation – Emerson Westinghouse

RS i Ethernet. Łąca te obsługują niestandardowe protokoły komunikacyjne stosowane nadal w wielu sterownikach PLC, aparaturze kontrolno-pomiarowej, urządzeniach wykonawczych, a także w specjalizowanych sterownikach turbin i generatorów. Przykłady takich protokołów (bądź nazwy producentów) podano niżej:

- **RS:** Modbus, Siemens 3964R, MPI, Allen-Bradley, Comli, SAIA, Omron, Hitachi, HIMA, SattBus, Profisafe
- **Ethernet:** Modbus TCP, Modbus OPC, FF-HSE, IEC 60 870, ABB Insum, GE Mark, Profinet, Ethway.

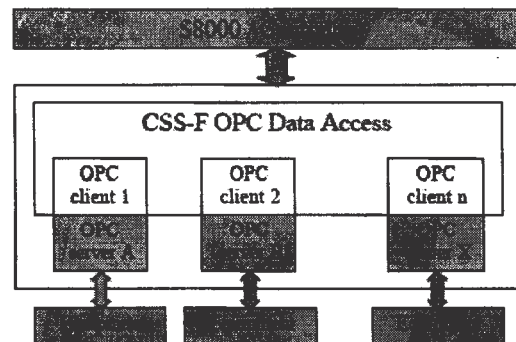
Za wyjątkiem powszechnego Modbusa (RS), nie wszystkie z wymienionych protokołów są dostępne w konkretnym systemie (najwięcej oferują Experion, metsoDNA i AC 800M). Istotne jest także, czy komunikację prowadzi prosty moduł (tylko Modbus), czy programowalny komputer, który może obsługiwać redundowane łącza. Redundowanej komunikacji wymagają sterowniki turbiny i generatora oraz system zabezpieczeń palników kotła (*fail-safe*).

Tab. 8. Standardowe magistrale polowe

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

OPC. Standardowym protokołem ethernetowym dostępnym obecnie w każdym systemie DCS jest OPC (*OLE for Process Control*). Służy on do wymiany sygnałów między różnymi systemami oraz integracji z siecią biurową. OPC składa się ze zbioru reguł, zgodnie z którymi funkcjonują serwery danych i ich klienci. Na rys. 8 pokazano strukturę interfejsu OPC w systemie Alspa, gdzie sygnały dzielone są na trzy grupy umożliwiając aktualizację z cyklami 200, 400 i 800 ms. Dolny jest porównywalny z cyklem obsługi analogowych ka-

nałów I/O. Komunikat OPC dotyczący pojedynczego sygnału zawiera wartość, stempel czasowy oraz kod jakości – *good, uncertain, bad*. Kodów wewnętrznych w systemie wskazujących skąd bierze się *good* jest przynajmniej trzy, np. w Melody – *alive, simulated, substitute*. Podobnie jest u Siemens.



Rys. 8. Struktura interfejsu OPC komputera CSS-F Gateway w systemie Alspa P320 – Alstom Power

Sieć biurowa. Połączenie z biurowym Intranetem realizuje osobny komputer (*DLS Data Link Server* na rys. 1) wyposażony w zabezpieczenie *firewall*. Zainstalowane są na nim zwykle serwery OPC i ODBC (dostęp do archiwum). Typową aplikacją klienta biurowego jest Excel. W Telepermie, Ovation i metsoDNA dostęp do danych archiwalnych umożliwiają ponadto kwerendy SQL. Alternatywną drogą udostępniania danych dla sieci biurowej są serwery WWW (p.8).

Migracja. Pojęcie to oznacza możliwość współpracy z poprzednią wersją podsystemu procesowego lub podsystemami procesowymi innych producentów (zwykle starszymi). „Czas życia” podsystemów procesowych jest przynajmniej dwukrotnie dłuższy niż podsystemów operatorskich, więc pozostawienie ich bywa często ekonomicznie uzasadnione. Interfejsem dla migrującego podsystemu procesowego jest dedykowany komputer pełniący rolę konwertera protokołów (np. magistrali Westnet na Ovation Network na rys. 1). Do systemu Melody mogą migrować Contronic, Advant, Infi, Frelance, do Ovation – WDPF i Infi, do metsoDNA – Damatik, Infi, RS3 itd.

5. PROJEKTOWANIE INŻYNIERSKIE

Podsystem inżynierski jest zintegrowanym narzędziem do projektowania, uruchamiania i utrzymania systemu DCS oraz inteligentnej aparatury obiektowej. Korzysta się z niego we wszystkich etapach projektowania i obsługi, którymi są [4]:

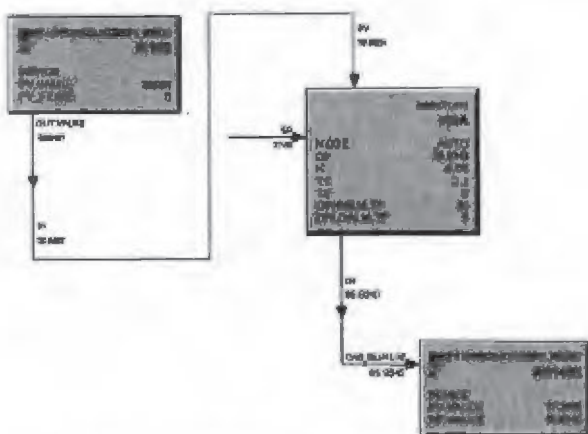
- określenie zadań systemu DCS
- zaplanowanie architektury
- konfigurowanie sterowania
- projektowanie wizualizacji, archiwizacji i raportowania
- symulacja i testowanie *off-line*
- uruchamianie i modyfikacje *on-line*
- diagnostyka stacji procesowych i sieci
- obsługa aparatury obiektowej
- zarządzanie dokumentacją.

Sprzęt i bazy danych. Podsystem inżynierski składa się z serwera bazy danych oraz jednego lub kilku klientów (terminali). W aplikacjach obiektowych serwer i klient rezydują na jednym komputerze (zob. serwer oprogramowania Ovation na rys. 1). Ze względu na prezentację *on-line* zdynamiczowanych schematów sterowania serwer inżynierski ma zazwyczaj bezpośredni dostęp do magistrali sterującej. Stosowany jest sprzęt firm Dell, HP, Sun, Fujitsu-Siemens. Przeważa wyraźnie Windows. Unix stosuje jeszcze Teleperm, a alternatywę Windows lub Unix pozostawiają Melody, Ovation, metsoDNA i Alspa. W tab. 9 podano bazy danych inżynierskich. Własne bazy producentów oraz Ingres zapewniają relatywnie szybki dostęp. Dane inżynierskie są zorientowane obiektowo uwzględniając wzajemne związki i zależności. Pliki mogą być importowane do Excela.

Tab. 9. Bazy danych inżynierskich

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

Podstawowymi metodami projektowania sterowania są diagramy bloków funkcyjnych schematy sekwencyjne (FBD i SFC w normie IEC 61131 [1]).



Rys. 9. Moduł pętli PID w systemie Experion-Honeywell

Bloki funkcyjne. Są one grupowane w biblioteki zależnie od przeznaczenia. Normę IEC 61131 stosują AC 800M, PCS 7, DeltaV i Alspa. Melody, Teleperm, Ovation, metsoDNA i Experion pozostają przy własnych blokach, przystosowanych do rozwiązań układowych stosowanych od dawna. W DeltaV dostępne są ponadto bloki standardu Foundation Fieldbus (FF) wykonywane bądź przez CPU, bądź przez inteligentne urządzenia obiektowe.

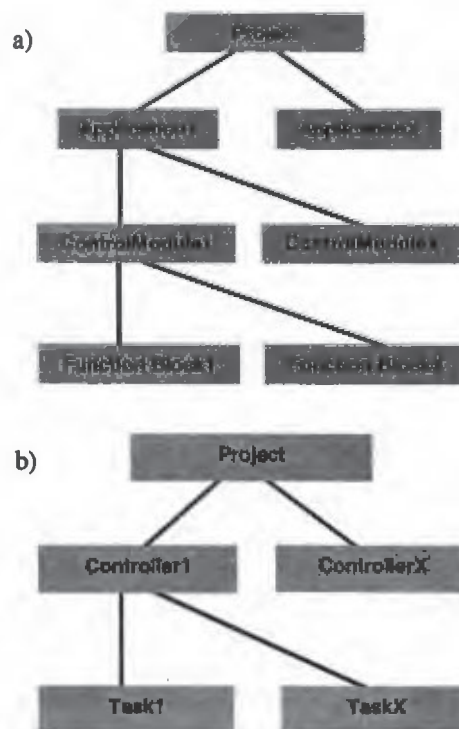
Sekwencje. Tutaj przeważają schematy SFC z IEC 61131. Tylko Teleperm do sterowania sekwencyjnego stosuje nadal bloki funkcyjne, a Experion własne schematy (zbliżone do SFC). Alspa umożliwia łatwe zastąpienie schematu SFC przez blok funkcyjny.

Tab. 10. Moduły sterujące – programy

DCS	Nazwa
Melody	Function plan
Teleperm, PCS 7	Function diagram
Ovation	Control sheet
metsoDNA, Experion AC 800M, DeltaV	Control module
Alspa	Operative unit

Moduł sterujący. Podstawową jednostką oprogramowania jest indywidualny schemat blokowy złożony z kilku do kilkunastu bloków, tutaj nazywany *modułem sterującym*. Przykład modułu dla prostej pętli PID w Experionie pokazano na rys. 9. Oryginalne nazwy modułów sterujących są podane w tab. 10. Moduł reprezentuje zazwyczaj pętlę regulacyjną lub sterowniczą dotyczącą konkretnego urządzenia technologicznego. Może też stanowić wyodrębnioną sekwencję lub grupę sekwencji. W AC 800M modułom sterującym przyporządkowuje się indywidualne obrazy graficzne ilustrujące funkcjonowanie.

Organizacja oprogramowania. Moduł sterujący staje się po kompilacji osobnym programem, który można ładować i uruchamiać niezależnie od innych modułów. Program jest fizycznie przyporządkowany do (na ogół) zadania systemu operacyjnego (*task*) wykonywanego z wymaganym cyklem. Od strony logicznej moduł jest związany z konkretnym urządzeniem, więc w *menu* nawigacyjnym przedstawiającym strukturę obiektu pojawia się on pod nazwą tego urządzenia. Logiczny i fizyczny podział oprogramowania w systemie AC 800M ilustruje rys. 10a,b (*application* reprezentuje urządzenie).



Rys. 10. Logiczny (a) i fizyczny (b) podział oprogramowania w AC 800M – ABB AlfaLaval

Edytory sprzętu. Służą do zestawiania poszczególnych elementów – stacji procesowych, operatorskich, serwerów, *switchy* sieciowych itd. w jednolity system komunikujący się za pomocą magistral podstawowych i polowych. W *metsoDNA* i *DeltaV* moduły I/O są rozpoznawane automatycznie (*autosensing*; w *DeltaV* dotyczy to również stacji). Edycji sprzętu dokonuje się na ogół niezależnie od konfiguracji sterowania i dopiero na końcu przyporządkowuje wejścia i wyjścia modułów sterujących kanałom I/O. Konfiguracja komunikacji następuje automatycznie gdy wiadomo, w których stacjach rezydują określone zmienne i z których kanałów pochodzą.

Edytory graficzne. Posługują się figurami geometrycznymi, napisami oraz biblioteką ikon przedstawiających urządzenia technologiczne i kontrolno-pomiarowe. Figurom, napisom i ikonom przypisuje się efekty animacyjne uzależnione od zmiennych analogowych i binarnych, takie jak zmiany koloru, stopień wypełnienia, widoczność, ruch ciągły lub skokowy itd. Kliknięcie w dany element może powodować pokazanie innego obrazu lub okna, albo wywołanie stacyjki operatorskiej (*faceplate*) związanej z określonym blokiem funkcyjnym. Oprócz obrazów graficznych projektowanych indywidualnie, w każdym systemie DCS istnieje około 10 typów obrazów standardowych, jak trendy, alarmy, grupy stacyjek itd., które wystarczy zdefiniować i sparametryzować.

Projektowanie inżynierskie obejmuje również konfigurację archiwizacji i raportowania, zarządzanie wersjami oprogramowania, drukowanie dokumentacji itp. Wskazanie zmiennych, które mają być archiwizowane następuje na schematach FBD i SFC. Raporty zmianowe, dobowe itd. konfiguruje się korzystając ze zmiennych archiwizowanych. W stacji inżynierskiej rezyduje zwykle pakiet do obsługi inteligentnej aparatury obiektowej (tab. 7).

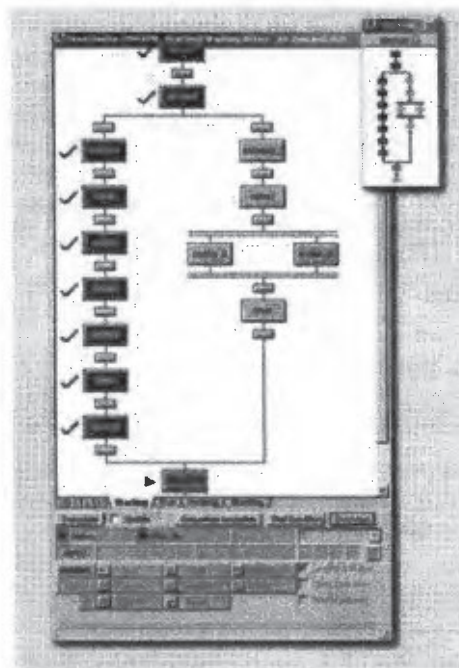
6. URUCHAMIANIE. PĘTLE PID. ZAAWANSOWANE ALGORYTMY

Do czynności związanych z uruchomieniem systemu DCS zalicza się symulację, testowanie *on-line* oraz ładowanie nowych wersji programów.

Symulacja. Naturalnym sposobem wstępnej weryfikacji sterowania jest utworzenie modelu obiektu z bloków funkcyjnych. Stosują to *Melody*, *Teleperm* i *Ovation*. W pozostałych systemach dostępne są narzędzia ułatwiające symulację, a w niektórych można także skonstruować model procesu na podstawie biblioteki funkcji bilansowych, termodynamicznych i innych. Przykładami takich narzędzi są: *Shadow Plant* – *Experion*, *SIMIT* – *PCS 7*, *Mimic* i *HISYS Plant* – *DeltaV*, *WinSim* – *Alspa*.

Testowanie graficzne. Termin ten oznacza zdynamizowane schematy blokowe i sekwencyjne, na których widać aktualne wartości sygnałów analogowych (na rys. 10 obok linii) oraz statusy sygnałów binarnych. Statusy są reprezentowane przez linie ciągłe lub przerywane, albo różne kolory (kolory mogą też oznaczać kody jakości). Oprócz wartości sygnałów w większości systemów

dostępne są okienka minitrendów, a niekiedy także mierniki, bargrafy itp. (szczególnie dopracowane w *Melody*). Na schemacie sekwencyjnym jest wskazywany aktualnie wykonywany krok lub kroki wykonane dotychczas (rys. 11). Sekwencję można „popychać”, a w przypadku symulacji również „cofać”. Najbardziej użyteczne dla uruchamiania wydają się jednak proste obrazy graficzne przypisywane w *AC 800M* do modułów sterujących, gdzie animacja dokładnie ilustruje funkcjonowanie.



Rys. 11. Sekwencja SFC w podsystemach inżynierskim i operatorskim w *PCS 7* – Siemens

Ładowanie zmian. Programy ładowane są do nielotnej pamięci (*flash*) jednostki CPU. Wyjątkiem jest *metsoDNA*, gdzie całe oprogramowanie rezyduje w stacji *back-up*, skąd po włączeniu zasilania jest automatycznie pobierane przez stacje. Wymianę programu reprezentującego skompilowany moduł poprzedza „forsowanie” (*forcing*) powiązanych z nim wyjść obiektowych i wejść innych modułów. Zapewnienie bezuderzeniowości wymaga, aby ustawić wtedy ostatnie wartości poprzedzające wymianę. Forsowanie nie jest potrzebne, gdy podczas modyfikacji moduł ulega powiększeniu o dodatkowe bloki funkcyjne (bez zmiany istniejących). Wymiana programu trwa zwykle od kilku do kilkudziesięciu sekund. W systemie *Melody* wstrzymywane jest wtedy zadanie, do którego przypisany jest program, ale inne zadania funkcjonują normalnie. Po załadowaniu nowego programu jego bloki funkcyjne znajdują się przez chwilę w stanie tzw. inicjacji wstecznej (*initialization*). Oznacza to, że do obliczeń dobierane są takie wartości początkowe, aby wyniki były równe wyjściom ustawionym podczas forsowania. Zapewnia to bezuderzeniowe podjęcie pracy przypominając sterowanie ręczne w PID. Inicjacja wsteczna jest najbardziej rozwinięta w blokach *Experiona*.

Diagnostyka. Stacja inżynierska pełni również funkcje diagnostyczne. Tylko w *Telepermie* do diagnostyki jest przeznaczony osobny podsystem z własną bazą danych

(Ingres). Diagnostyka obejmuje monitorowanie kanałów I/O, badanie obciążenia i zajętości pamięci CPU, analizy obciążenia sieci komunikacyjnych, kontrolę bazy danych archiwalnych itp. Niesprawności lub przeciążenia powodują zgłoszenie alarmów. Dostępne są systemowe obrazy diagnostyczne i okna.

Konfiguracja sterowania metodami FBD i SFC jest standardem w systemach DCS. Do dyspozycji są również opcjonalne narzędzia służące do tworzenia niestandardowych bloków funkcyjnych, analizy i strojenia pętli PID oraz obliczeń według zaawansowanych algorytmów.

Niestandardowe bloki. Stosowane są trzy sposoby tworzenia takich bloków:

- edycja makrobloku: wszystkie systemy DCS
- języki normy IEC 61131: AC 800M, PCS 7, DeltaV, Alspa
- języki uniwersalne: Ovation, Experion – C/C++, metsoDNA – Java for Process Control.

Makroblok edytuje się korzystając z funkcji i bloków bibliotecznych, po czym nadaje mu odpowiedni symbol (edytor symboli). Językiem normy IEC dającym największą elastyczność jest ST (*Structured Text*). Java zawiera bibliotekę funkcji podobną do Matlaba.

Obsługa pętli PID. Analiza pętli PID obejmuje określenie odchyłek standardowych, liczby generowanych ostrzeżeń i alarmów, aktywności sterowania itp. Automatyczne strojenie następuje w wyniku pobudzenia obiektu następującymi sygnałami testowymi:

- skok sterowania: Ovation, metsoDNA, Experion, PCS 7, Alspa
- oscylacje przekątnikowe: AC 800M, DeltaV, PCS 7
- sygnał pseudoprzypadkowy: PCS 7, Alspa.

W przypadku odpowiedzi skokowej identyfikowane są następujące modele:

$$\frac{k}{(Ts + 1)^n} \quad - \text{PCS 7,}$$

$$\frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)} e^{-T_r} \quad - \text{Ovation, Expe-}$$

rion

$$\frac{k}{(T_0s + 1)^n} e^{-T_r} \quad - \text{Alspa}$$

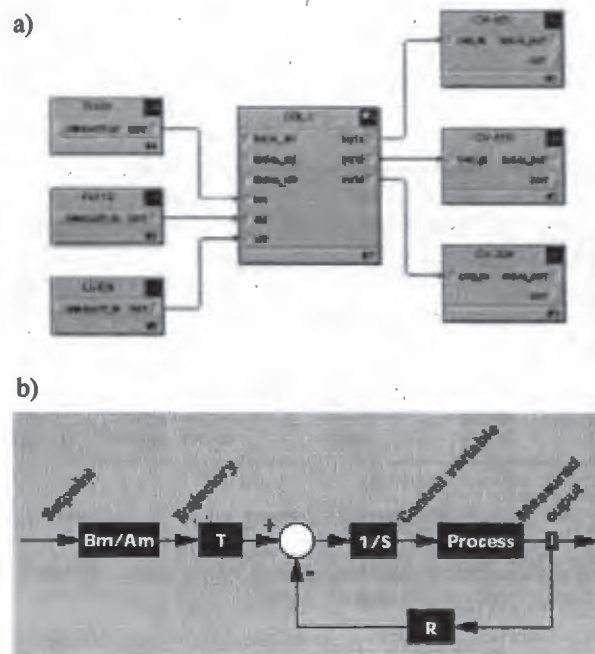
Można wybrać metodę wyboru nastaw albo typ odpowiedzi układu. Wygodne wydaje się to szczególnie w systemie Advant ABB, gdzie odpowiedziami do wyboru są: ekstra tłumiona, tłumiona, normalna, szybka, ekstra szybka. Ciągła adaptacja nastaw jest dostępna w systemach lub regulatorach ABB, Siemens, Honeywella i Emersona.

Zaawansowane algorytmy. Najczęściej stosowane są logika rozmyta, sieć neuronowa i sterowanie predykcyjne (tab. 11). Logika rozmyta służy jako zamiennik PID dla pętli „trudnych” (Ovation, DeltaV, Alspa), albo jako uniwersalny algorytm MIMO (metsoDNA, Experion). Typowymi zastosowaniami sieci neuronowych są wirtualne czujniki (*soft-sensors* – Experion, DeltaV) lub modele procesu służące do prognoz (Ovation, metsoDNA, Alspa).

Tab. 11. Zaawansowane algorytmy

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

Sieć jest „uczona” korzystając z danych archiwalnych. Sterowanie predykcyjne może być przeznaczone do regulacji (Ovation, Experion, DeltaV, Alspa) lub zorientowane na optymalizację (metsoDNA, Experion, PCS 7). Na rys. 12a,b pokazano moduł sterujący z blokiem Predict w DeltaV oraz strukturę dyskretnego regulatora RST Alspy. W Alspie dostępny jest także regulator wielowymiarowy z obserwatorem stanu oraz korektor IPC dla modelu Strejca.



Rys. 12.a) Moduł Predict w DeltaV – Emerson Fisher-Porter, b) struktura regulatora RST w Alspie P320 – Alstom Power

W części systemów zaawansowane algorytmy są wykonywane przez stacje procesowe (Ovation, metsoDNA, AC 800M, DeltaV, Alspa), a w części przez osobne komputery włączone do magistrali (Experion, PCS 7). Drugi wariant dotyczy również Melody i Telepermu, gdzie niestandardowe algorytmy nie wchodzą w skład systemu (oferują je firmy „trzecie”). Wykonywanie algorytmu przez stację procesową nakłada ograniczenia na czas oraz liczbę jego wejść i wyjść. Zaletą jest natomiast ciągłość obliczeń gwarantowana przez redundancję CPU, czego nie zapewnia komputer zewnętrzny. Można więc przyjąć, że algorytmy regulacyjne pozostaną domeną stacji procesowych, natomiast obliczenia

optymalizacyjne będą przenoszone na komputery zewnętrzne.

7. PODSYSTEMY OPERATORSKIE

Sprzęt stacji operatorskich jest analogiczny jak inżynierskich, tzn. Dell, Sun, Fujitsu-Siemens. Standardem są dwa monitory (rys. 1) ze względu na jednoczesną obserwację kilku obrazów oraz ciągłość pracy na wypadek awarii jednego. W pojedynczej stacji do wszystkich obrazów można łącznie przyporządkować ok. 5 tys. sygnałów (1200 analogowych i 3000 binarnych w Telepermie), z tego do pojedynczego obrazu 300 do 500. Na ekranie można umieścić przynajmniej 4 obrazy (zmniejszone, np. jako ćwiartki ekranu).

Interfejsy graficzne. Wskaźnikiem aktualnych trendów może być pakiet HMIWeb Experiona wykorzystujący narzędzia internetowe i język HTML. Podobnie zaczęto postępować w innych systemach i obecnie obrazy każdego systemu można oglądać za pomocą przeglądarek. Stacje unixowe (Teleperm, Ovation, Alspa) stosują interfejsy Dynavis-X, DataView oraz standardy X/Window i OSF-Motif.

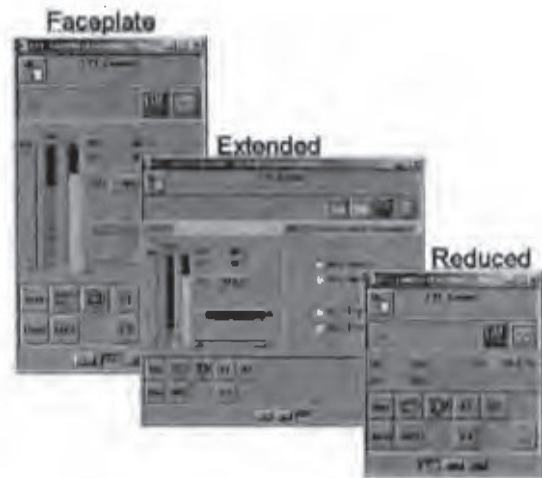


Rys. 13 Obraz grupy stacyjek operatorskich w systemie Experion - Honeywell

Obrazy. Dzieli się na standardowe (systemowe) i graficzne. Obrazami standardowymi są trendy $y=f(t)$, pola pracy $y=f(x)$, grupy stacyjek operatorskich (*faceplates*), sekwencje SFC (rys. 11), średnie godzinowe i dobowe, listy alarmów, wykazy czynności operatorskich (*logs*). Grupy stacyjek służą do obsługi większych urządzeń technologicznych. Na rys. 13 pokazano obraz stacyjek Experiona z EC Białystok.

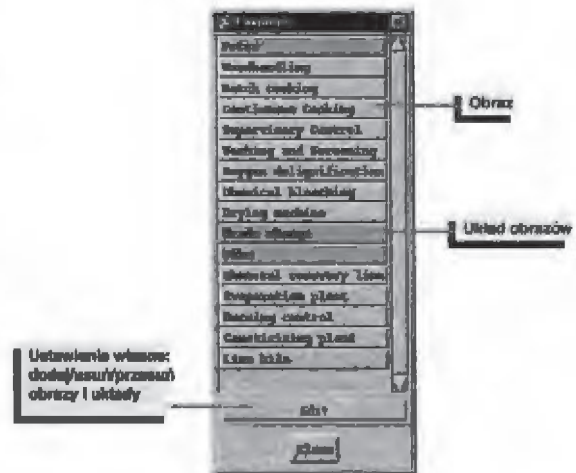
Sterowanie operatorskie. Jest realizowane za pomocą stacyjek przyporządkowanych odpowiednim blokom FBD. Zakres funkcji można dostosować do konkretnych potrzeb. Na rys. 14 pokazano trzy wersje stacyjki w pakiecie Process Portal systemu 800xA (Melody, AC 800M). Niektóre systemy, np. metsoDNA, umożliwiają również parametryzację bloków funkcyjnych za pomocą stacyjek. W systemie tym z operatorem związany jest jego własny zestaw obrazów niezależnie od stacji, na której pracuje (*favorites* na rys. 15).

Rosnąca stale wydajność sprzętu komputerowego powoduje, że wymagania co do szybkości reakcji podsystemu wynikające z ergonomii pracy operatora są obecnie z nadmiarem spełnione, zarówno przez systemy bazujące na systemie Unix jak i Windows.



Rys. 14. Trzy warianty stacyjki operatorskiej w pakiecie Process Portal – ABB

Aktualizacja obrazu. Odświeżanie elementów dynamicznych w Telepermie jest sterowane zdarzeniami, tzn. następuje przy każdej zmianie sygnału binarnego lub analogowego (o zadany próg). Gdy zmiana nie przekroczyła progu, odświeżanie następuje cyklicznie. Typowym cyklem jest 1 s (w Ovation zmienne *fast* aktualizowane są co 0.1 s). W Experionie zmiana pola obrazu, na którym znajduje się 100 zmiennych zajmuje do 2 s.



Rys. 15. Własny zestaw obrazów operatora w metsoDNA – Metso Automation

Nowy obraz. Czas otwierania obrazu zależy od mocy obliczeniowej stacji i złożoności grafiki. Ponieważ grafiki przechowywane są w pamięci w formie „skompilowanej”, więc czas otwierania typowego obrazu w stacjach Unix wynosi 1 s, a w Windows z grubsza 2-krotnie dłużej.

Alarmy i zdarzenia. Dzieli się na technologiczne i systemowe. W ramach każdej klasy istnieje kilka prioryte-

tów (4 w Telepermie, Experionie i Alspie). Alarmy i zdarzenia filtruje się ze względu na stacje operatorskie, obszary technologiczne i priorytety. Odpowiednie mechanizmy zapobiegają „zalaniu” systemu alarmami w sytuacjach nienormalnych (*alarm flood*). W wierszu listy alarmów znajdują się: identyfikator punktu (20-znakowy kod KKS), czas/data (milisekundy), stan/wartość, krótki tekst. Kliknięcie na wiersz powoduje otwarcie okienka z obrazem punktu alarmującego lub z tekstami informacyjnymi i zaleceniami (*Cause, Consequence, Action* w Alspie).

8. PODSYSTEMY ARCHIWIZUJĄCE I INFORMACYJNE

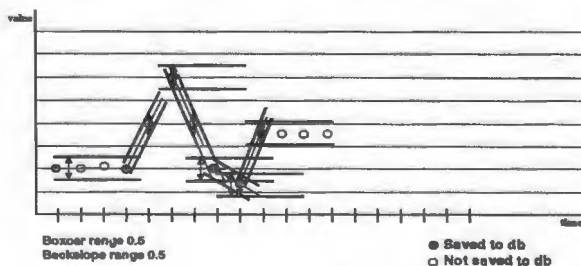
Serwerami archiwizującymi, czyli *historianami*, są komputery Dell, HP i Sun wyposażone w pojemne dyski. Typowy historian archiwizuje 5 do 10 tys. sygnałów. Historiany Uniformance PHD Experiona i DNA historian Metso są niezależnymi produktami i bywają stosowane także w innych systemach (np. DNA historian dla Procontrola w El Turów).

Tab.12. Bazy danych historianów

Baza	DCS (-baza)
Oracle	Melody, Ovation, metsoDNA Hist., Experion PHD, AC 800M, Alspa
Inne	Teleperm – Informix metsoDNA alarmHist. – InfoPlus Experion Server – Win2000 Server PCS 7 – MS SQL Server DeltaV – PI Data Server

Bazy danych. Podano je w tab. 12. Najbardziej rozpowszechniony jest Oracle. Do archiwizacji alarmów i zdarzeń metsoDNA stosuje drugą bazę InfoPlus ze względu na szybszy dostęp. Dane zapisuje się stosując typową kompresję (rys. 16).

Cykl zapisu. W większości systemów minimalny cykl, z którym wartości sygnałów można zapisywać do bazy wynosi 1 s. W odniesieniu do sygnałów analogowych cyklem stosowanym praktycznie jest 5 s. Alarmy i zdarzenia zapisywane są w momencie wystąpienia.



Rys. 16. Kompresja danych w metsoDNA – Metso Automation

Pojemność dysku. Szacuje się, że dla typowego bloku 200 MW dane zgromadzone w okresie 1 doby zajmują 5 do 20 MB zależnie od stanu ruchowego. Przyjmując 20 MB w każdym dniu otrzymuje się 7.3 GB na rok.

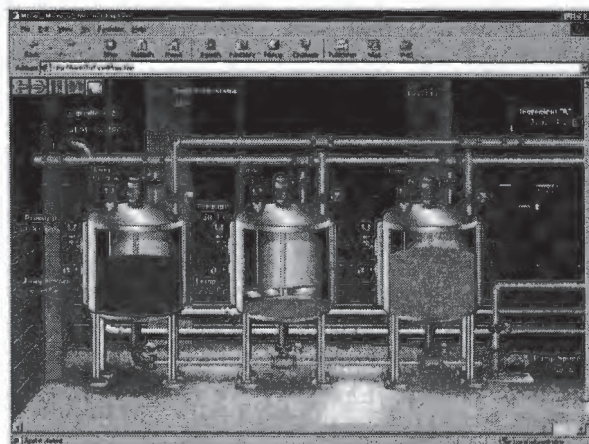
Archiwizacja *post-mortem*. Dotyczy zmian sygnałów binarnych w czasie awarii rejestrowanych z dokładnością 1 ms (lub lepszą). W systemach Melody, Teleperm i metsoDNA stemplowania czasowego dokonują moduły I/O, zaś w pozostałych systemach moduły SOE z własną pamięcią (p. 3). W Telepermie szybką archiwizację aktywuje się sygnałem binarnym. Zmienne *fast* w Ovation są archiwizowane, co 100 ms, a w metsoDNA nawet, co 10 ms dzięki obszernej pamięci CPU. Moduł SOE w Ovation rejestruje zmiany sygnałów, co 1/8 ms, a w DeltaV co 1/4 ms.

Redundancja. W aplikacjach o wysokich wymaganiach odnośnie ciągłości archiwizowanych danych serwery historianów są redundowane. Pojedynczy serwer (rys. 1) jest wyposażony w macierz dyskową RAID, która na osobnych dyskach utrzymuje „lustrzane odbicia” plików.

Tab. 13. Serwery internetowe

DCS	Serwer
Melody	MS IIS (Internet Info. Server)
Teleperm	web4txp Server
Ovation	WAVE Server
metsoDNA	eTools
Experion	eServer, MS IIS
AC 800M	MS IIS
PCS 7	@PCS 7 Web Server
DeltaV	Web Server
Alspa	e320 Web Server

Techniki WWW. W tab. 13 podano nazwy serwerów WWW udostępniających dane przeglądarkom internetowym. Kilka z nich bazuje na typowym Internet Information Serverze Microsoftu. W e320 Web Serverze Alspy aplikacjami klienckimi są: *Historic Function, HMI Function, Event Viewer, Elementary Faults*. Na rys. 17 pokazano graficzny obraz procesu odebrany z Web Servera DeltaV. Teleperm wykorzystuje web4txp Server jako bazę dla centralnej nastawni w elektrowni wieloblokowej.



Rys. 17. Obraz graficzny w przeglądarce Internet Explorer dla DeltaV – Emerson Fisher-Rosemount

Bilansowanie i nadzór eksploatacyjny. Pakiety bilansująco-nadzorujące, które prowadzą obliczenia termo-

dynamiczne w celu określenia sprawności, wydajności, jednostkowego zużycia paliwa itp., najpierw w odniesieniu do poszczególnych urządzeń, a potem dla całego bloku energetycznego, wymieniono w tab. 14. Optimax Melody i P-calcs Ovation zawierają bibliotekę z modelami termodynamicznymi ok. 30 urządzeń technologicznych – modułów obiektowych, takich jak kocioł, turbina parowa, turbina gazowa, generator, podgrzewacze, pompy, sprężarki itp. Z modułów tych zestawia się program odpowiadający strukturze konkretnego bloku. Pakiet bilansująco–nadzorujący jest instalowany na osobnej stacji (rys. 1), prezentującej wyniki na obrazach i w raportach. Stosowany jest także pakiet TKE z Energo pomiaru Gliwice wyposażony w interfejsy do konkretnych systemów DCS. Oprócz pakietów „termodynamicznych” spotyka się również pakiety prognozujące optymalny sposób prowadzenia bloku na podstawie sieci neuronowej (konsolę taką widać na rys. 1).

Tab. 14. Bilansowanie, ocena jakości, nadzór

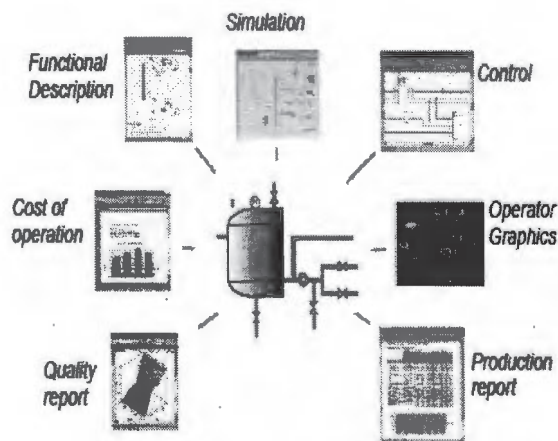
DCS	Pakiet
Melody	Optimax PlantConnect
Teleperm	OM 650 Operation & Mng. System
Ovation	P-calcs Perform. Monit. System
metsoDNA	Energy Enterprise & Plant Mng.
Experion	Application Control Environment
Alspa	Optiplant+ Integrated Plant Mng.

ABB Aspect Objects. Technologia ta zapewnia jednolity dostęp do informacji technicznej pochodzącej z różnych źródeł, tzn. jednolitą nawigację i przeglądanie z poziomu całego przedsiębiorstwa. Informacja rezyduje w zintegrowanym środowisku, którego interfejsy zorientowane są na potrzeby grup użytkowników – operatorów, inżynierów, służb utrzymania ruchu, technologów itd. Za aspekty realnego obiektu uważa się cechy istotne z punktu widzenia danej grupy. Mogą to więc być obrazy procesu, schematy sterowania, dokumentacja opisowa, koszty produkcji i inne, jak to pokazano na rys. 18. W technologii Aspect Objects nie tworzy się modelu danych realnego obiektu, czyli np. obiektu COM, ale definiuje nośnik zbioru odsyłaczy do jego aspektów. Taka organizacja informacji o obiektach pozwala łatwiej zorientować się co do wybranego aspektu ich wszystkich. Stąd w systemie 800xA (Melody, AC 800M) znajdują się osobne serwery aspektów udostępniające aspekty obiektów aplikacjom z poziomu przedsiębiorstwa. Serwery są redundowane, albo wyposażone w dyski RAID. Można oczekiwać, że równoważne narzędzia pojawią się niebawem w innych systemach.

9. PODSUMOWANIE

Przedstawiono podstawowe cechy dziewięciu systemów DCS stosowanych w krajowej energetyce zawodowej i ciepłej. Podstawowymi składnikami są podsystemy procesowy, operatorski, archiwizujący i inżynierski. Wymieniono zasadnicze cechy systemów komunikacyjnych i stacji procesowych wskazując m.in. na znaczenie precyzyjnego stemplowania czasowego i synchronizacji. Poruszono sprawę otwartości komunikacyjnej i rolę

protokołu OPC w integracji systemów. Zwrócono uwagę na cechy, które musi spełniać oprogramowanie, aby możliwe było stopniowe uruchamianie oraz wymiana programów *on-line*. Scharakteryzowano metody automatycznego strojenia i zaawansowane algorytmy. Wskazano, że nowe systemy operatorskie bazują na narzędziach internetowych. Wspomniano o technologii Aspect Objects integrującej informację techniczną na poziomie przedsiębiorstwa.



Rys. 18. Przykłady aspektów reaktora w technologii Aspect Objects – ABB.

PODZIĘKOWANIE

Autor wyraża podziękowanie przedstawicielom firm ABB, Siemens, Emerson, Metso Automation, Honeywell i Alstom Power.

CONTROL SYSTEMS IN ENERGY INDUSTRY

Abstract: An overview of essential features of DCS control systems used in domestic energy industry is presented. Process, operator, archive and engineering subsystems are basic components. The following issues of the subsystems are characterized: architectures and main buses, central and remote control stations, time stamping, aspects of open communication, automatic tuning and advanced algorithms, features of operator control, visualization and archiving, software for thermodynamic calculations and Internet servers. Reasons for solutions being used and development trends are indicated.

Literatura

- [1] Kasprzyk J. (2005) *Programowanie sterowników przemysłowych*. WNT, Warszawa (w druku).
- [2] Montague J., Hoske M.T. (2005) Nawałnica nowości. *Control Engineering Polska*, III, 2, 19–20.
- [3] Trybus L. (2003) Stacje procesowe systemów sterowania w energetyce. *VII Konferencja Automatyków*, Ryto, 13–14.05, 1–32.
- [4] Trybus L. (2004) Funkcje stacji inżynierskich w systemach sterowania dla energetyki. *VIII Konferencja Automatyków*, Ryto, 18–19.05, 1–23.



**Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk**

ISBN 83-89475-02-2