

# Komputerowe systemy automatyki przemysłowej

Roman Kwiecień

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Michał Mrowiec  
Projekt okładki: Jan Paluch

Wydawnictwo HELION  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!  
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres  
<http://helion.pl/user/opinie?piksap>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-246-5142-9

Copyright © Roman Kwiecień 2013

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

# Spis treści

<b>Wykaz ważniejszych oznaczeń .....</b>	<b>7</b>
<b>Wstęp .....</b>	<b>17</b>
<b>Rozdział 1. Wiadomości podstawowe .....</b>	<b>21</b>
1.1. Systemy liczbowe .....	21
1.2. Podstawowe operacje na liczbach binarnych .....	25
1.3. Typy liczb binarnych .....	27
1.4. Tablica kodów ASCII .....	29
1.5. Sumy kontrolne .....	31
1.6. Bitmapa .....	34
1.7. Język HTML .....	35
1.8. Język XML .....	40
1.9. Komendy AT .....	43
<b>Rozdział 2. Model infrastruktury systemów informatycznych .....</b>	<b>45</b>
2.1. System planowania zasobów przedsiębiorstwa ERP .....	48
2.2. System realizacji produkcji MES .....	50
2.3. System sterowania i akwizycji danych SCADA/HMI .....	53
2.4. Urządzenia automatyki przemysłowej .....	55
2.5. Programowalne sterowniki PLC/PAC .....	56
<b>Rozdział 3. Architektura sieci komputerowych .....</b>	<b>65</b>
3.1. Warstwa fizyczna .....	69
3.1.1. Interfejs komunikacyjny RS-232C .....	74
3.1.2. Interfejs komunikacyjny RS-422A .....	78
3.1.3. Interfejs komunikacyjny RS-485 .....	79
3.2. Warstwa łącza danych (liniowa) .....	80
3.2.1. Podwarstwa dostępu do kabla .....	80
3.2.2. Podwarstwa łącza logicznego .....	82
<b>Rozdział 4. Transfer danych w sieci internetowej .....</b>	<b>83</b>
4.1. Protokół Ethernet .....	84
4.2. Protokół IP .....	87
4.3. Protokół TCP .....	91
4.4. Protokół UDP .....	94
4.5. Protokół HTTP .....	96
4.6. Protokół SOAP .....	97

<b>Rozdział 5. Przemysłowe sieci komputerowe .....</b>	<b>99</b>
5.1. Modbus .....	101
5.2. CAN i LIN .....	108
5.2.1. Warstwa fizyczna .....	109
5.2.2. Warstwa łącza danych .....	112
5.2.3. Warstwa aplikacyjna .....	118
5.3. Profibus .....	121
5.3.1. Warstwa fizyczna .....	121
5.3.2. Warstwa łącza danych .....	123
5.3.3. Warstwa aplikacyjna .....	130
5.4. Profibus DP .....	130
5.4.1. Warstwa fizyczna .....	130
5.4.2. Warstwa łącza danych .....	131
5.5. EtherCAT .....	133
5.6. Ethernet Powerlink .....	137
5.7. Przykłady komunikacji .....	140
5.7.1. Komunikacja z miernikiem MPS .....	140
5.7.2. Komunikacja z przemiennikiem częstotliwości ACS 600 .....	146
5.7.3. Komunikacja z miernikiem N12H .....	150
<b>Rozdział 6. System operacyjny .....</b>	<b>153</b>
6.1. Podstawowe elementy sprzętu komputerowego .....	154
6.2. Języki programowania i ich kompilacja .....	164
6.3. Jądro systemu .....	173
6.3.1. Szeregowanie wątków .....	178
6.3.2. Współdzielenie zasobów .....	179
6.3.3. Inwersja i dziedziczenie priorytetów .....	182
6.3.4. Przerwania .....	183
6.3.5. Komunikacja pomiędzy zadaniami .....	184
6.4. Warstwa systemowa i aplikacyjna .....	186
6.5. System operacyjny czasu rzeczywistego .....	192
<b>Rozdział 7. WYBRANE TECHNOLOGIE INFORMACYJNE .....</b>	<b>195</b>
7.1. Technologia COM/DCOM .....	196
7.2. Technologia CORBA .....	204
7.3. Technologia mobilnych agentów .....	205
7.4. Technologia Classic OPC .....	207
7.4.1. Specyfikacje .....	208
7.4.2. Identyfikacja w systemie operacyjnym .....	215
7.4.3. Interfejsy .....	217
7.4.4. Tunelowanie .....	222
7.5. Technologia OPC UA .....	226
7.5.1. Architektura .....	227
7.5.2. Specyfikacje .....	228
7.6. Technologia RSE .....	231
7.6.1. Architektura .....	232
7.6.2. Moduły .....	233
7.6.3. Model komunikacyjny z urządzeniami automatyki .....	235
7.6.4. Właściwości .....	236
<b>Rozdział 8. Komputerowe systemy automatyki przemysłowej .....</b>	<b>239</b>
8.1. Dana procesowa .....	240
8.2. Serwery automatyki przemysłowej .....	242
8.2.1. Warstwowy model serwera .....	244
8.2.2. Rola węzłów nadrzędnych w procesie technologicznym .....	245

---

8.3. System baz danych .....	249
8.3.1. Architektura bazy danych .....	249
8.3.2. Język SQL .....	254
8.4. Model klienta aplikacji WWW .....	258
8.5. Diagnostyka komputerowego systemu automatyki .....	262
8.6. Podsumowanie .....	265
<b>Bibliografia .....</b>	<b>267</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>271</b>



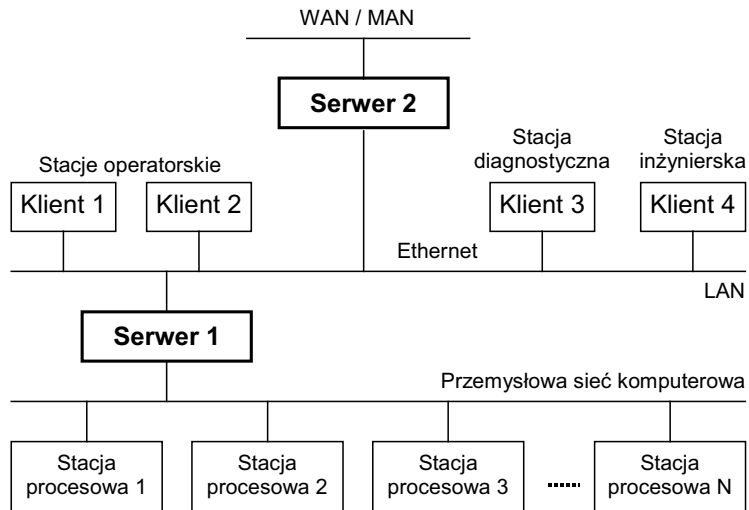
## Rozdział 2.

# Model infrastruktury systemów informatycznych

W automatyce przemysłowej, zajmującej się automatyzacją procesów wytwarzania i procesów technologicznych, występuje tendencja do tworzenia układów sterowania opartych o *rozproszone systemy sterowania DCS* (ang. *Distributed Control System*). System DCS odpowiada za sterowanie procesem przemysłowym i wizualizację procesu przemysłowego, które odbywają się za pomocą sieci komputerowych Ethernet oraz przemysłowych sieci komputerowych, takich jak Modbus, Profibus, Interbus, CAN, CANopen, EtherCat lub inne (rysunek 2.1).

### Rysunek 2.1.

*Uproszczona struktura rozproszonego systemu sterowania DCS urządzeniami automatyki przemysłowej; LAN — Local Area Network; MAN — Metropolitan Area Network; WAN — Wide Area Network*



Serwer przemysłowy (Serwer 1) przejmuje kontrolę nad stacjami procesowymi i odczytuje dane oraz wydaje rozkazy sterujące. Pozyskane dane procesowe mogą być archiwizowane z określoną częstotliwością w bazie danych należącej do jednostki komputerowej serwera i stanowią źródło informacji dla stacji operatorskich. Za konfigurację systemu i nadzór oprogramowania wewnątrz kontrolerów odpowiada stacja inżynierska przechowująca zawsze aktualną dokumentację. Stacje diagnostyczne odczytują informacje z aparatury obiektowej<sup>1</sup>, które służą do diagnozowania przebiegu procesu technologicznego. Komunikacja systemu DCS z ogólnosiwiatową siecią komputerową Internet (WAN lub MAN) odbywa się za pomocą kolejnego serwera (Serwer 2). Jedną z podstawowych cech opisanego systemu jest transparentność, która pozwala postrzegać go poprzez komputerową stację klienta jako pojedynczy i zintegrowany system sterowania [KR05].

W rozproszonym systemie sterowania (DCS) urządzeniami automatyki przemysłowej aplikacja klienta (Klient 1, Klient 2 itd.) uzyskuje połączenie z aplikacją serwera (Serwer 1) w celu odpowiedniej wymiany danych (rysunek 2.1). Rozpatrując ten przepływ informacji, można podzielić system DCS na dwa podsystemy, tworzące model infrastruktury systemów informatycznych składających się z dwóch piramid (rysunek 2.2) [CR01]:

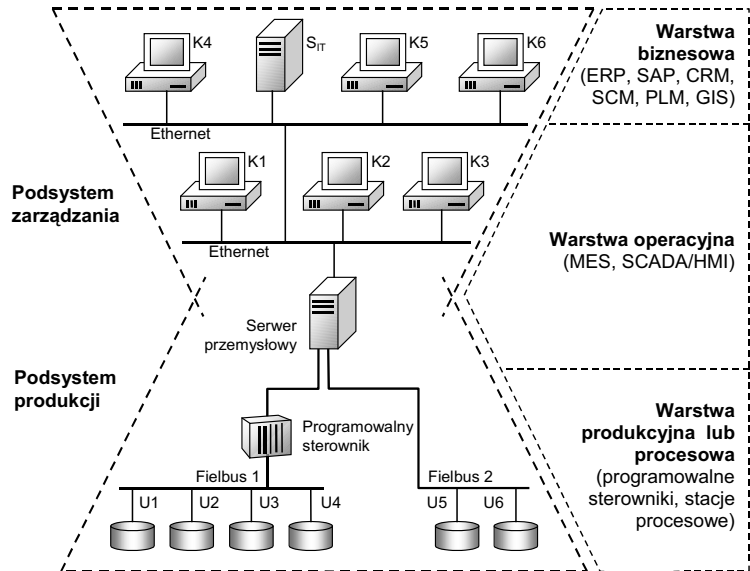
1. *Podsystem produkcji* (piramida dolna), w którym jednostka nadrzędna (serwer) odczytuje dane ze stacji procesowych procesu technologicznego — *warstwy produkcyjnej lub procesowej*. W skład linii produkcyjnych wchodzi przemysłowe układy sterowania CNC (ang. *Computer Numerical Control*), programowalne układy PLC (ang. *Programmable Logic Controller*), programowalne sterowniki automatyki PAC (ang. *Programmable Automation Controller*), przemysłowe komputery IPC (ang. *Industrial PC*), czujniki, elementy wykonawcze i inne urządzenia automatyki przemysłowej pracujące w miejscowej sieci komputerowej *fieldbus*. Informacje pozyskane z tych urządzeń gromadzone są w przemysłowej bazie danych, która staje się częścią składową informacji opisującą funkcjonalność przedsiębiorstwa. Podstawowym zadaniem tego podsystemu jest sterowanie urządzeniami w celu realizacji zadań procesu technologicznego oraz zbieranie informacji, na podstawie których system informatyczny będzie odpowiednio zarządzany w procesie podejmowania decyzji.
2. *Podsystem zarządzania* (piramida górna, odwrócona do dolnej), w którym główną rolę pełni jednostka nadzorcze (stacja operatorska, inżynierska oraz diagnostyczna) należące do najwyższych warstw zarządzania produkcją. Na podstawie danych zgromadzonych w przemysłowej bazie danych oraz ich analizy technologiczno-ekonomicznej podejmowane są decyzje o odpowiednim odzwierciedleniu funkcjonowania układów sterujących procesem technologicznym. W skład tego podsystemu wchodzi:
  - ◆ *warstwa biznesowa*, do której należą systemy wspomagające zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa, relacjami z klientem, dostawami oraz produktami; można je sklasyfikować jako systemy:
    - ◆ planowania zasobów przedsiębiorstwa ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*),

---

<sup>1</sup> Aparatura do pomiaru ciśnienia, temperatury, przepływu i poziomu cieczy itp.



**Rysunek 2.2.**  
 Model infrastruktury systemów informatycznych składających się na rozproszony system sterowania; K1 do K6 — klienty komputerowej sieci Ethernet; SIT — serwer systemów informatycznych; U1 do U6 — urządzenia automatyki przemysłowej



- ♦ analizy i produkcji SAP (ang. *Systems Analysis and Product*),
- ♦ zarządzania relacjami z klientami CRM (ang. *Customer Relationship Management*),
- ♦ zarządzania łańcuchem dostaw SCM (ang. *Supply Chain Management*),
- ♦ zarządzania cyklem życia produktu PLM (ang. *Product Lifecycle Management*),
- ♦ informacji geograficznej GIS (ang. *Geographical Information System*),
- ♦ warstwa operacyjna, która odpowiada za wykonanie planów operacyjnych na podstawie informacji otrzymanych z procesu technologicznego; warstwę tę tworzą wszelkiego rodzaju systemy wizualizacji i nadzoru produkcji, do których należą:
  - ♦ system sterowania i akwizycji danych SCADA/HMI (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition/Human Machine Interface*),
  - ♦ system realizacji produkcji MES (ang. *Manufacturing Execution Systems*).

Przedstawione wyżej dwie piramidy modelu infrastruktury systemów informatycznych nie mają charakteru monolitycznego. Tworzą je mniej lub bardziej specjalizowane systemy informatyczne dostosowane do realiów procesu technologicznego oraz do struktury systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Ustalenie granic pomiędzy warstwami związanymi z bezpośrednią kontrolą i nadzorem nad procesem przemysłowym oraz dystrybucją danych może być kwestią dyskusyjną, jednakże takie podejście pozwoli na projektowanie, testowanie i kontrolę całego komputerowego systemu sterowania procesem technologicznym.

## 2.1. System planowania zasobów przedsiębiorstwa ERP

System planowania zasobów przedsiębiorstwa (lub zaawansowane zarządzanie zasobami) ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) stanowi integrację systemu informatycznego, służącego do zarządzania zasobami przedsiębiorstwa lub współdziałania grupy współpracujących ze sobą przedsiębiorstw, bo gromadzi dane oraz umożliwia wykonywanie operacji na zebranych danych. Oprogramowanie ERP obejmuje szereg modułów (np. wytwarzanie, zamówienia, rachunki, hurtownia danych, transport, zasoby ludzkie itp.), które mogą być integrowane z oprogramowaniem firmy. W rozwinięciu klasy systemów ERP II wykorzystano technologie internetowe oraz standard języka XML. Pozwala to na pełną interakcję systemu z otoczeniem poprzez wymianę danych za pomocą sieci komputerowych. Interakcja ta przyczynia się do optymalizacji procesów biznesowych w relacjach przedsiębiorstwa z partnerami [KR05].

Systemy ERP są rozwinięciem systemów planowania zasobów produkcyjnych MRP II (ang. *Manufacturing Resource Planning*), których podstawowym elementem jest baza danych, stanowiąca wspólne źródło informacji dla wszystkich pozostałych modułów systemu. Moduły te zwykle obejmują takie obszary jak magazynowanie, zarządzanie zapasami, śledzenie realizowanych dostaw, planowanie produkcji, zaopatrzenie, sprzedaż, kontakty z klientami, księgowość, finanse, zarządzanie zasobami ludzkimi (płace, kadry) itp.

Amerykańskie stowarzyszenie sterowania produkcją i zapasami APICS (ang. *The Association for Operations Management*) w 1989 roku oficjalnie ogłosiło dokument „MRP II Standard System”, w którym opisuje funkcjonalność przedsiębiorstwa [KR05]. Oto ona.

- ◆ **Planowanie biznesowe** (ang. *Business Planning*) — ogólny plan działania przedsiębiorstwa.
- ◆ **Bilansowanie produkcji i sprzedaży SOP** (ang. *Sales and Operation Planning*) — tworzenie planów produkcji i sprzedaży mających na celu realizację planu biznesowego. Plany te określają wzajemnie zbilansowane wielkości sprzedaży, produkcji oraz poziomu zapasów magazynowych w poszczególnych okresach. Są również wyznacznikiem dla wszystkich innych planów operacyjnych w przedsiębiorstwie.
- ◆ **Zarządzanie popytem DEM** (ang. *Demand Management*) — prognozowanie i planowanie sprzedaży oraz potwierdzanie zamówień klientów. Jego celem jest określanie wielkości przyszłego popytu i ciągła aktualizacji tej wartości.
- ◆ **Harmonogramowanie planu produkcji MPS** (ang. *Master Production Scheduling*) — bilansowanie podaży w kategoriach materiałów, zdolności produkcyjnych, minimalnych zapasów dostosowanych do popytu wyrażonego prognozami, zamówieniami odbiorców, promocjami.
- ◆ **Planowanie potrzeb materiałowych MRP** (ang. *Material Requirements Planning*) — określanie harmonogramów zakupów, produkcji oraz montażu wszystkich części składowych wyrobu wraz z priorytetami dla zaopatrzenia i produkcji.

- ♦ **Wspomaganie zarządzania strukturami materiałowymi BMS** (ang. *Bill of Material Subsystem*) — dostarczanie informacji koniecznych do obliczania wielkości zleceń produkcyjnych i zaopatrzeniowych oraz ich priorytetów.
- ♦ **Ewidencja magazynowa INV** (ang. *Inventory Transaction Subsystem*) — prowadzenie ewidencji gospodarki magazynowej, dostarczanie do innych funkcji informacji o dostępnych zapasach elementów.
- ♦ **Sterowanie zleceniami SRS** (ang. *Schedule Receipts Subsystem*) — kontrola spływu (przyjęcia na ewidencje) elementów zaopatrzeniowych i produkowanych, w tym zaplanowanych przez MRP i MPS.
- ♦ **Sterowanie produkcją SFC** (ang. *Shop Floor Control*) — przekazywanie informacji o priorytetach między osobą planującą produkcję a stanowiskami roboczymi.
- ♦ **Planowanie zdolności produkcyjnych CRP** (ang. *Capacity Requirements Planning*) — badanie osiągalności opracowanych planów produkcji i sprzedaży oraz harmonogramu.
- ♦ **Sterowanie stanowiskami roboczymi IOC** (ang. *Input/Output Control*) — wspomaganie kontroli wykonania planu zdolności produkcyjnych oraz kontrola kolejek na poszczególnych stanowiskach roboczych dotycząca wielkości prac na wejściu i wyjściu stanowiska.
- ♦ **Zaopatrzenie PUR** (ang. *Purchasing*) — wspomaganie czynności związanych z nabywaniem towarów i usług od dostawców oraz umożliwienie utworzenia zleceń zakupu lub harmonogramu przyjęć dostaw.
- ♦ **Planowanie zasobów dystrybucyjnych DRP** (ang. *Distribution Resource Planning*) — obsługa czynności związanych z harmonogramowaniem przesunięć wyrobów pomiędzy punktami sieci dystrybucyjnej oraz planowanie produkcji międzyzakładowej.
- ♦ **Narzędzia i pomoce warsztatowe** (ang. *Tooling*) — planowanie dostępności właściwych narzędzi specjalnych w celu wykonania planu produkcji bez przeszkód.
- ♦ **Planowanie finansowe** (ang. *Financial Planning Interface*) — pobieranie z systemu MRP II danych o charakterze finansowym, ich przetwarzanie i przekazywanie do osób odpowiedzialnych za planowanie finansowe.
- ♦ **Symulacje** (ang. *Simulation*) — ocena wpływu zmian wprowadzonych do poszczególnych elementów MRP II na plany finansowe, potrzeby materiałowe i zdolności wykonawcze.
- ♦ **Pomiar wyników** (ang. *Performance Measurement*) — pomiar ciągłej kontroli efektywności wykorzystania systemu MRP II (ustalenie celów i sprawdzanie drogi osiąganego celu).

Systemy planowania zasobów przedsiębiorstwa ERP pracują w najwyższej warstwie modelu infrastruktury rozproszonych informatycznych systemów sterowania i są zaliczane do klasy zintegrowanych systemów informatycznych. Kluczowym czynnikiem uzyskania przez nie doskonałości operacyjnej jest integracja biznesowych końcówek aplikacji

do zarządzania przedsiębiorstwem z systemem realizacji produkcji MES. Z tego względu systemy MES stają się częścią systemów ERP i odpowiadają za wykonywanie poszczególnych zadań na poziomie operacyjnym, rozszerzając tym samym funkcjonalność systemów ERP.

## 2.2. System realizacji produkcji MES

System realizacji produkcji MES (ang. *Manufacturing Execution System*) jest systemem komputerowym wykorzystującym technologie informatyczne, oprogramowanie, urządzenia elektroniczne i elementy automatyki, które pozwalają na zbieranie informacji ze stanowisk produkcyjnych i umożliwiają optymalizację operacji procesu produkcyjnego w obszarze biznesowym. Typowy system klasy MES realizuje następujące funkcje [KR05].

- 1. Zarządzanie wykonaniem produkcji** (ang. *Process Management*) — odpowiada za monitorowanie i zarządzanie procesem produkcji. Dostarczone dane procesowe oraz dane o stanach alarmowych i zdarzeniach wspomagają operatorów w podejmowaniu decyzji. Implementowane interfejsy SCADA/HMI pozwalają na bezpośrednią komunikację z urządzeniami automatyki oraz realizują gromadzenie i akwizycję danych z procesu technologicznego.
- 2. Zarządzanie wydajnością** (ang. *Performance Analysis*) — odpowiada za monitorowanie danych z procesu produkcji w celu wykonania analizy wydajności linii produkcyjnych poprzez wyznaczenie wskaźnika całkowitej efektywności maszyn i urządzeń *OEE* (ang. *Overall Equipment Effectiveness*). Wskaźnik *OEE* w sposób kompleksowy opisuje trzy główne obszary działalności biznesowej przedsiębiorstwa: dostępność (*D*), efektywność wykorzystania (*W*) oraz jakość produkowanych wyrobów (*J*) i wyraża się wzorem:

$$OEE = D \cdot W \cdot J \quad (2.1)$$

gdzie:

*D* — dostępność produkowanych wyrobów, określająca straty czasu na różnego rodzaju nieplanowane zdarzenia (straty na dostępności), którą wyznacza się wg zależności:

$$D = \frac{t_E - t_P}{t_E} \quad (2.2)$$

przy czym:

$t_E$  — czas eksploatacji,

$t_P$  — czas nieplanowanych przestojuów.

*W* — efektywność wykorzystania produkowanych wyrobów, określająca stosunek pomiędzy nominalną a faktyczną prędkością maszyny, która wyraża się wzorem:

$$W = \frac{n \cdot T}{t_E - t_P} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

przy czym:

$n$  — ilość wykonanych produktów (dobre i złe),

$T$  — takt pracy linii produkcyjnej,

$t_E$  — czas eksploatacji,

$t_P$  — czas nieplanowanych przestoju.

$J$  — jakość produkowanych wyrobów, oznaczająca ilość dobrych wyrobów wykonanych za pierwszym razem i liczbę braków, obliczana wg zależności:

$$J = \frac{n - n_B}{n} \quad (2.4)$$

przy czym:

$n$  — ilość wykonana (dobre i złe),

$n_B$  — ilość braków i odpadów.

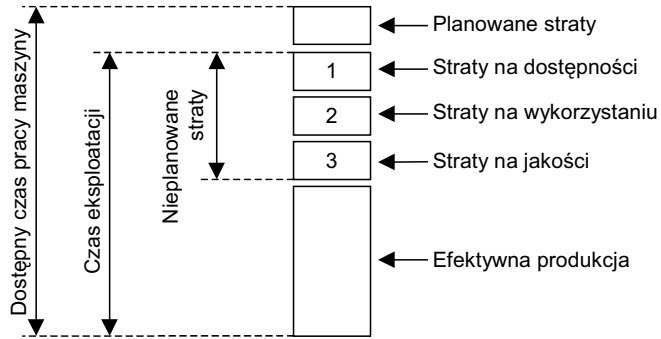
Wskaźnik *OEE* mierzy straty z tytułu niezaplanowanych zdarzeń na maszynach, takie jak nieplanowane przestoje, niezgodna z wymaganiami jakość i wydłużone czasy cyklu pracy maszyny, oraz wskazuje poziom strat w zadanym czasie eksploatacji maszyny (rysunek 2.3). Podczas realizacji działań produkcyjnych mogą zaistnieć także inne zdarzenia, których wystąpienie nie jest planowane. Do tej grupy zalicza się:

- ♦ Straty na dostępności — jest to grupa zdarzeń związanych z niemożliwością realizowania zaplanowanych zleceń produkcyjnych w wyniku zaistnienia np.: awarii, usterek, oczekiwania na materiał czy półwyroby, nieobecności operatora na stanowisku, przedłużających się planowanych przestoju (przedłużonego przezbrojenia, testów, konserwacji itp.).
- ♦ Straty na wykorzystaniu — jest to pomiar sprawdzający, czy realizacja produkcji odbywa się w założonym tempie. Wolniejsza produkcja może być tak samo niekorzystna jak zbyt szybka. Różnice od czasu cyklu w dół mogą być spowodowane zwolnioną pracą maszyny z powodu stosowania niewłaściwej jakości surowca lub półproduktu, niewiedzą pracownika, niepełną obsadą, wykonywaniem zbędnych czynności przez operatora, usterkami maszyny powodującymi wydłużenie czasu cyklu pracy maszyny, niewłaściwą jakością materiału lub surowca powodującą wydłużenie czasu cyklu pracy maszyny itp.
- ♦ Straty na jakości — jest to pomiar czasu wykorzystanego na wytworzenie wadliwych wyrobów.

### 3. Śledzenie i genealogia produkcji (ang. *Production Tracking and Genealogy*)

— pozwala na śledzenie w czasie rzeczywistym przepływu produkcji wraz ze szczegółami dotyczącymi ilości zużywanych surowców, operatorów wykonujących określone zadania, realizowanych receptur, wprowadzanych do receptur korekt. Odpowiada za zapis danych w produkcyjnej bazie danych, a w konsekwencji pozwala na odtworzenie kompletnej genealogii produkcji (prostej oraz odwrotnej, ang. *reverse genealogy*).

**Rysunek 2.3.**  
Straty w dostępnym  
czasie pracy maszyny  
systemu MES



4. **Zarządzanie jakością** (ang. *Quality Management*) — odpowiada za dostarczenie w czasie rzeczywistym analiz opartych na pomiarach procesowych, co umożliwia zarządzanie jakością produktów oraz identyfikację potencjalnych „słabych ogniw” produkcyjnych. Pozwala na korelację symptomów, akcji oraz rezultatów w celu rozpoznania przyczyn spadku jakości. Zawiera analizy statystycznego sterowania procesem SPC i statystycznego sterowania jakością SQC (ang. *Statistic Process Control/Statistic Quality Control*). *Dodatkowo może implementować zarządzanie operacjami oraz analizami w ramach systemów kontroli jakości wszystkich czynności laboratorium LIMS (ang. *Laboratory Information Management Systems*), które pozwalają na modelowanie procesów zbierania danych z różnych źródeł ich organizacji i przetwarzania, a także przekształcanie tych danych w informacje czytelne dla odbiorcy oraz dystrybucję i publikację tych informacji.*
5. **Gromadzenie i akwizycja danych** (ang. *Data Collection and Acquisition*) — dostarcza mechanizmy pozwalające na gromadzenie danych produkcyjnych (parametrów technologicznych, informacji o wykonywanych zleceniach itp.) pochodzących bezpośrednio z urządzeń sterujących, np. sterowników PLC, rozproszonych systemów sterowania DCS oraz innych systemów informatycznych w relacyjnych bazach danych czasu rzeczywistego. Pozwala także na udostępnianie tych danych w postaci interfejsów, wykresów oraz raportów zawierających kontekstowe informacje dedykowane określonym użytkownikom.
6. **Zarządzanie obiegiem dokumentów** (ang. *Document Control*) — zarządzanie dostępem do dokumentów oraz przepływem dokumentów, takich jak instrukcje robocze, receptury, raporty, procedury wykonania operacji, części programów (np. programów obrabiarek CNC), zapisy wsadów, zmiany wprowadzane przez technologów, komunikacja „międzyzmiannowa” (ang. *Shift-to-Shift Communication*). Ma za zadanie np. dostarczenie operatorom instrukcji roboczych oraz załadowanie nastaw do układu sterowania. Pozwala też na (w ramach zgodności z normami ISO) dostarczenie instrukcji działań korekcyjnych w przypadku zakłóceń procesu produkcyjnego.
7. **Zarządzanie alokacją zasobów** (ang. *Resource Allocation & Status*) — zarządzanie maszynami, materiałami (ang. *Inventory Management*), urządzeniami oraz dokumentami, które są wymagane w celu wykonania operacji. Jest źródłem informacji na temat historii wykorzystania zasobów oraz informacji o stanie pracy w czasie rzeczywistym.

- 8. Zarządzanie zasobami ludzkimi** (ang. *Labor Management*) — dostarczanie informacji dotyczących stanu pracy personelu odpowiedzialnego za produkcję, sprawdzanie dostępności oraz certyfikacji użytkowników. Pozwala także na monitorowanie dodatkowych operacji, takich jak przygotowanie materiałów oraz prace konserwacyjne urządzeń dodatkowych, co w konsekwencji daje możliwość kalkulacji rzeczywistej wartości kosztów pracy na podstawie aktywności pracownika ABC (ang. *Activity Based Costing*).
- 9. Rozsyłanie zadań produkcyjnych** (ang. *Dispatching Production Units*) — zarządzanie przepływem pracy jednostek produkcyjnych w kontekście zamówień, wsadów, zleceń oraz zadań produkcyjnych. Rozsyłana informacja jest prezentowana w postaci sekwencji operacji, które powinny być wykonane; zmiany w kolejności są uwzględniane natychmiast po modyfikacji harmonogramu. W systemie dostępne są również możliwości powtórного wykonywania prac w zależności od jakości wytwarzanych produktów oraz możliwości śledzenia wielkości produkcji w toku WIP (ang. *Work In-Process*).
- 10. Harmonogramowanie produkcji** (ang. *Operations/Detailed Scheduling*) — zaplanowanie sekwencji wykonania operacji produkcyjnych opartych na priorytetach, atrybutach, charakterystykach oraz recepturach związanych z określonymi jednostkami produkcyjnymi. Minimalizuje czasy wykonania sekwencji. Określa skończone ramy czasowe wykonania określonych zleceń oraz rozpoznaje możliwe równoległe ścieżki wykonania operacji, tym samym pozwala na dokładne obliczenie czasu wykonania zlecenia.
- 11. Zarządzanie utrzymaniem ruchu** (ang. *Maintenance Management*) — wspomaganie zarządzania pracami konserwacyjnymi maszyn oraz urządzeń w zależności od wielkości wykonywanej produkcji oraz ich czasu pracy. Monitoruje stan wykorzystania maszyn, pozwala na szybką diagnostykę oraz gromadzi historię wszelkich aktywności związanych z utrzymaniem ruchu.

System MES stał się jednym z zasadniczych elementów tzw. zarządzania procesami produkcyjnymi. Umożliwia on efektywne zbieranie informacji w czasie rzeczywistym wprost ze stacji procesowych i ich transfer na obszar biznesowy. Pozyskane dane z procesu produkcyjnego pozwalają na analizę prawdziwego obrazu wykorzystania zdolności produkcyjnych oraz kluczowych wskaźników wydajności produkcji. Akwizycja tych danych odbywa się za pomocą systemu SCADA/HMI.

## 2.3. System sterowania i akwizycji danych SCADA/HMI

System nadzorujący przebieg procesu technologicznego lub produkcyjnego SCADA/HMI (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition/Human Machine Interface*) jest systemem komputerowym, którego główne funkcje dotyczą zbierania aktualnych danych pochodzących z procesu, wizualizacji jego stanu, sterowania nadrzędnego, alarmowania i rejestracji zdarzeń, archiwizacji danych oraz udostępniania informacji o procesie w sieciach komputerowych. Wybór oraz ilość prezentowanych danych procesowych odpowiadają określonej

kategorii nadzorowanego procesu oraz aktualnym wymaganiom obsługi. Zobrazowanie danych procesowych realizowane jest na ekranach synoptycznych, na których wyświetlane są wartości w postaci liczb bądź za pomocą różnego rodzaju wykresów, suwaków lub mierników. Budowanie ekranów synoptycznych wykonywane jest we wszystkich aplikacjach komputerowych przeznaczonych do tworzenia systemów SCADA, w których zawarte są biblioteki gotowych elementów prezentacji graficznej [KR05].

Ważnymi zadaniami systemu SCADA są wykrywanie i rejestracja alarmów oraz generowanych zdarzeń występujących podczas pracy komputerowego systemu sterowania procesem technologicznym. Rejestracja zdarzeń i alarmów jest zdeterminowana czasowo, a wymagana szybkość reakcji systemu automatyki na wystąpienie określonego zdarzenia jest zwykle określana na etapie formułowania wymagań spełnianych przez dany proces. Wystąpienie zdarzeń i alarmów zdefiniowanych w fazie projektowania systemu SCADA może wywoływać konieczność podejmowania przez układy znajdujące się w systemie automatyki pewnych działań powodujących zmniejszenie skutków ich wystąpienia. Z uwagi na wymaganą szybkość i niezawodność tych działań odpowiedzialne za ich realizację są zazwyczaj układy znajdujące się w bliskim otoczeniu obsługiwanych urządzeń, takie jak sterowniki PLC lub moduły zabezpieczeniowe. Dla większości systemów SCADA określa się parametry czasowe związane z rejestracją zdarzeń zachodzących podczas pracy obiektu. Dzięki temu system sterowania i wizualizacji umożliwia dokładną analizę zaistniałej awarii i jej skutków. Na parametry czasowe rejestracji zdarzeń mają wpływ parametry wykorzystanych urządzeń, typy zastosowanych sieci przemysłowych, budowa systemu automatyki, jak również typ samej aplikacji służącej do budowy systemu sterowania i wizualizacji [KR05].

Do przykładowych systemów SCADA można zaliczyć:

- ◆ Adroit — system SCADA wraz z oprogramowaniem raportującym OPUS oraz dostępem poprzez strony web (VIZNET),
- ◆ ANT Studio — oprogramowanie SCADA firmy ANT, służące do integracji systemów automatyki i pomiarów z wbudowanym serwerem WWW, telemetrią oraz językiem skryptów,
- ◆ ASIX — pakiet projektowania i realizacji systemów wizualizacji oraz nadzoru komputerowego firmy ASKOM,
- ◆ EMAC — system nadzoru i wizualizacji firmy ELEKTROBUDOWA S.A.,
- ◆ GEMOS — system zarządzania budynkiem i bezpieczeństwem firmy ELA COMPIL,
- ◆ National Instruments LabVIEW — środowisko do tworzenia systemów SCADA (graficzny język programowania),
- ◆ MicroSCADA — produkt firmy ABB służący do wizualizacji stacji elektroenergetycznej,
- ◆ Movicon SCADA — oprogramowanie wizualizacyjne służące do kontroli, monitorowania i archiwizacji parametrów urządzeń oraz procesów przemysłowych,
- ◆ Inne: iFIX, CoMeta, PRO-2000, RSVIEW, Telwin, Wizcon Supervisor, Wonderware InTouch itp.



System SCADA/HMI pełni rolę nadrzędną w stosunku do programowalnych sterowników PLC/PAC i innych urządzeń. Na ogół sterowniki PLC/PAC połączone są bezpośrednio z urządzeniami wykonawczymi (zawory, przemienniki częstotliwości, softstarty itp.) oraz pomiarowymi (czujniki temperatury, przyrządy pomiaru wielkości elektrycznych itp.) i zbierają aktualne dane z obiektu, a także wykonują automatyczne algorytmy sterowania i regulacji. Za pośrednictwem sterowników PLC/PAC dane trafiają do systemu komputerowego i tam są archiwizowane oraz przetwarzane na formę bardziej przyjazną dla obsługi systemu automatyki.

## 2.4. Urządzenia automatyki przemysłowej

Urządzenia automatyki przemysłowej należą do układów urządzeń tworzących system automatyki przemysłowej. Zawierają się w grupie urządzeń, które są zarządzane przez system realizacji produkcji MES za pomocą systemów SCADA/HMI. Urządzenia te można podzielić na następujące kategorie.

- ♦ Urządzenia i maszyny realizujące produkcję lub procesy przemysłowe: urządzenia do montażu oraz linie montażowe, urządzenia do transportu bliskiego, systemy paletyzujące, linie pakujące, prasy, roboty itp.
- ♦ Urządzenia kontrolno-pomiarowe: aparatura pomiarowa, czujniki, przetworniki, mierniki, wskaźniki, rejestratory oraz systemy wizyjne.
- ♦ Urządzenia wykonawcze: zawory, silniki, napędy, przepustnice, pompy itp.
- ♦ Urządzenia sterujące: sterowniki PLC/PAC, komputery przemysłowe IPC, panele operatorskie.
- ♦ Systemy łączności: przemysłowe sieci komputerowe.

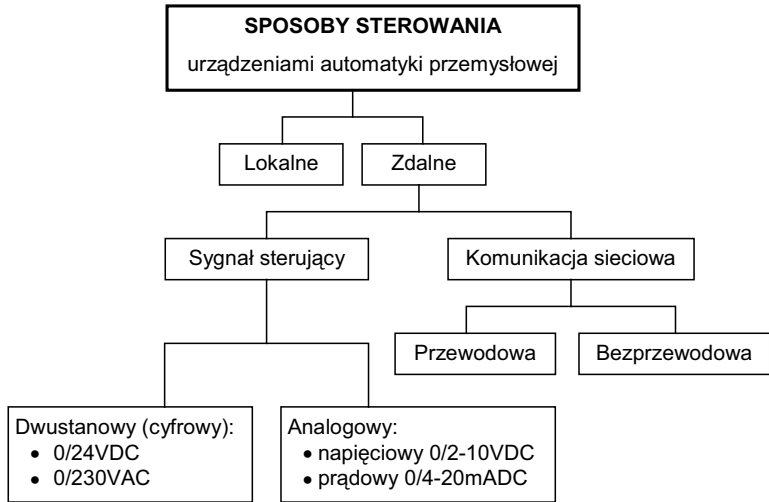
Urządzeniami automatyki przemysłowej produkowanymi na bazie techniki mikrokomputerowej można sterować na dwa sposoby (rysunek 2.4):

- ♦ **lokalny** — panel operatorski umieszczony na urządzeniu, umożliwiający realizację określonych funkcji,
- ♦ **zdalny** — urządzenie posiada wyprowadzone złącza sterujące i interfejsy komunikacyjne.

W sposobie zdalnego sterowania wyróżnia się *sygnały sterujące* oraz *komunikację sieciową przewodową lub bezprzewodową*. Sygnał sterujący *dwustanowy* (cyfrowy) charakteryzuje się stanem logicznym „1” o wartości napięcia od 5 do 30 V DC lub logicznym „0” — poniżej 5 V DC. Zdalny sygnał *analogowy* realizowany jest poprzez wartość prądu w zakresie od 0/4 do 20 mA DC lub poprzez wartość napięcia w zakresie od 0/2 do 10 V DC. W przypadku zastosowania sposobu sterowania za pomocą sygnału sterującego okablowanie staje się bardziej rozbudowane w stosunku do liczby przewodów występujących podczas sterowania przy użyciu komunikacji sieciowej. Zastosowanie

**Rysunek 2.4.**

Sposoby sterowania urządzeniami automatyki przemysłowej



komputerowych sieci przemysłowych sprawia, że urządzenie może być sterowane oraz programowane. W czasie jego pracy możliwe jest również zdalne odczytywanie wybranych wartości danych procesowych i zapisywanie ich do bazy danych. Ten rodzaj sterowania jest najbardziej efektywny, pod warunkiem że prędkość przesyłania danych pomiędzy urządzeniami automatyki przemysłowej nie opóźnia procesu sterowania linią technologiczną [KR05].

## 2.5. Programowalne sterowniki PLC/PAC

Do zarządzania określoną linią produkcyjną używa się programowalnych sterowników, które stanowią integralną część warstwy produkcyjnej modelu infrastruktury systemów informatycznych. Ich zadanie polega na sterowaniu urządzeniami automatyki przemysłowej oraz na akwizycji danych procesowych. Proces ten z reguły odbywa się za pomocą przemysłowych sieci komputerowych, takich jak Modbus, Profibus, CAN, EtherCAT, Ethernet Powerlink, ze względu na uniwersalny charakter transmisji danych oraz szerokie możliwości nadzorowania urządzeń automatyki.

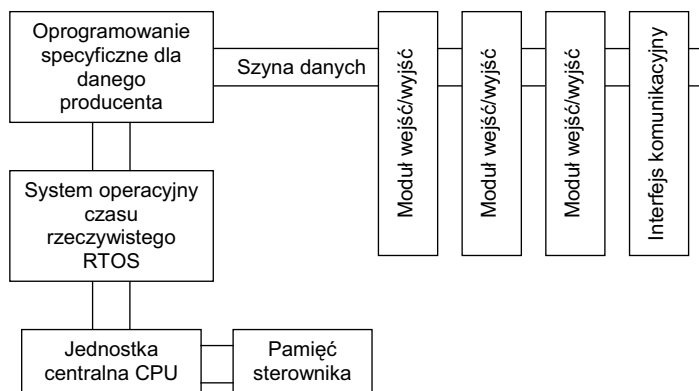
Sterowniki PLC/PAC bezpośrednio wpływają na pracę stacji procesowych oraz odczytują informację z urządzeń automatyki przemysłowej procesu technologicznego. Pozyskane dane przechowywane są w pamięci operacyjnej sterownika PLC/PAC i mogą być udostępniane systemom SCADA/HMI za pomocą sieci komputerowej.

*Programowalny sterownik logiczny PLC* (ang. *Programmable Logic Controller*) jest uniwersalnym urządzeniem mikroprocesorowym przeznaczonym do sterowania pracą maszyny lub urządzenia technologicznego. Sterownik PLC musi zostać dopasowany do określonego

obiektu sterowania poprzez wprowadzenie do jego pamięci pożądanego algorytmu działania. Sterownik posiada strukturę oprogramowania przystosowaną do wykonywania pętli regulacji.

Typowa architektura sprzętowa sterownika PLC może obejmować następujące komponenty (rys. 2.5).

**Rysunek 2.5.**  
Uproszczona  
architektura  
sterownika PLC



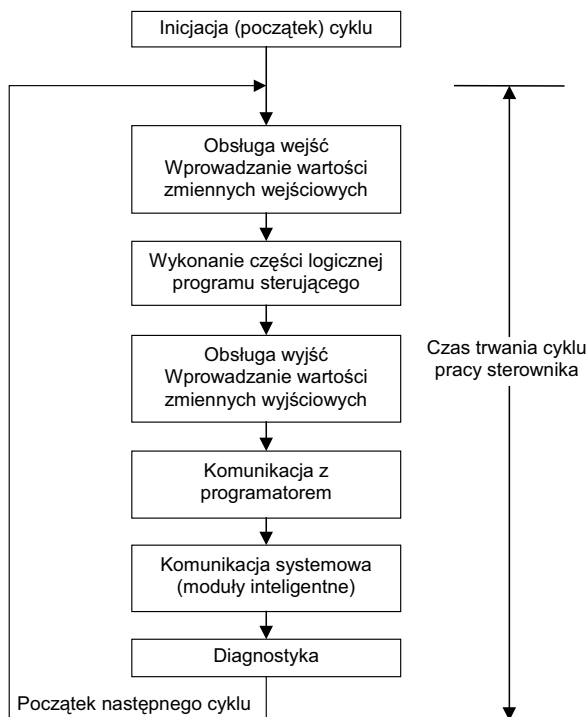
- ♦ **Mikroprocesor** — jednostka centralna CPU (z ang. *Central Processing Unit*), która wykonuje algorytm sterowania (program użytkownika). Procesory stosowane obecnie w sterownikach PLC są, zależnie od producenta, bardzo zróżnicowane.
- ♦ **Pamięć** — służy do przechowywania informacji w postaci cyfrowej w: ROM (ang. *Read-Only Memory*), reprogramowalnej pamięci EPROM (ang. *Flash EPROM*) oraz w podtrzymywanej bateryjnie pamięci RAM (ang. *Random Access Memory*). Jest przeznaczona do przechowywania oprogramowania systemowego, programu użytkownika i elementów konfiguracji.
- ♦ **Baterie** lub inne mechanizmy (np. kondensator), za pomocą których program sterownika oraz dane mogą być przechowywane w przypadku zaniku zasilania.
- ♦ **Zasilacz** — wewnętrzne zasilanie jednostki centralnej, modułów wejść/wyjść oraz modułów dodatkowych.
- ♦ **Szyna danych** — system, przy użyciu którego obsługiwane są moduły wejść/wyjść zarówno cyfrowych, jak i analogowych, sterowanie ruchem oraz komunikacja. Sterownik PLC zwykle wyposażony jest w szeregową lub równoległą szynę danych, która służy procesorowi do wymiany informacji z pozostałymi komponentami sterownika.
- ♦ **Moduły wejść/wyjść**, do których zalicza się:
  - ♦ moduły wejść dyskretnych,
  - ♦ moduły wyjść dyskretnych,
  - ♦ moduły wejść analogowych,
  - ♦ moduły wyjść analogowych,
  - ♦ kombinowane moduły wejść i wyjść.

- ◆ **Moduły inteligentne** (dodatkowe, specjalizowane) — wyposażone są zazwyczaj w układy mikroprocesorowe i wykonują funkcje, takie jak:
  - ◆ realizacja złożonych procedur sterowania,
  - ◆ przetwarzanie sygnałów,
  - ◆ gromadzenie danych,
  - ◆ komunikacja.
- ◆ **Inne moduły**, do których można zaliczyć:
  - ◆ moduły wejść do pomiaru temperatury współpracujące z termoparą,
  - ◆ moduły wejść do pomiaru temperatury współpracujące z termometrem oporowym, np. PT100 lub NI120,
  - ◆ moduły wagowe, współpracujące z mostkami tensometrycznymi,
  - ◆ moduły licznika o wysokiej częstotliwości,
  - ◆ moduły pozycjonujące,
  - ◆ moduły programowalne,
  - ◆ moduły komunikacyjne (Modbus, Ethernet, DeviceNet, Profibus itp.),
  - ◆ moduły głośnomówiące,
  - ◆ Fuzzy Logic.
- ◆ **Obudowa** — konstrukcja mechaniczna sterownika, za pomocą której komponenty mogą funkcjonować w ramach jednego urządzenia. Wśród typowych rozwiązań znaleźć można obudowy, w których montuje się wszystkie komponenty (rozwiązania kompaktowe). Coraz częściej stosowane są konstrukcje bez wspólnej obudowy (kasety rozszerzające), w których moduły są łączone indywidualnie nawet na odległość 210 m — sterownik rozproszony.

Podstawowym komponentem architektury oprogramowania sterownika PLC jest jego system operacyjny (rozdz. 6). Systemy operacyjne czasu rzeczywistego zapewniają sterownikom zarówno stabilność działania, jak i pożądaną w aplikacjach przemysłowych niezawodność. W ramach pracy systemu operacyjnego zapisuje się, a następnie uruchamia programy użytkowe, opisujące zachowanie i decyzje systemu sterowania w danej aplikacji, zależnie od informacji wejściowej.

W pracy każdego sterownika wykonywane są w sposób cykliczny kolejno pojedyncze bloki programu (rysunek 2.6). Na początku każdego cyklu program odczytuje stany wejść sterownika i zapisuje je jako obraz wejść procesu. Po wykonywaniu części logicznej programu sterującego sterownik wpisuje stany wyjść do pamięci będącej obrazem wyjść procesu, po czym system operacyjny sterownika PLC uaktywnia odpowiednie wyjścia sterujące elementami wykonawczymi. W następnym kroku realizowana jest komunikacja z programatorem, komunikacja systemowa (moduły inteligentne) oraz diagnostyka. Wszystkie połączenia sygnałowe łączą się w modułach wejściowych sterownika, a program śledzi ich obraz i reaguje zmianą stanów wyjść w zależności od algorytmu programu sterującego.

**Rysunek 2.6.**  
Cykl pracy  
programowalnego  
sterownika



W celu znormalizowania wytycznych sprzętu oraz oprogramowania sterowników PLC w 1993 roku Międzynarodowa Komisja Elektroniki wydała normę IEC 1131 „Programmable Controlles” (obecnie IEC 61131), która obejmuje:

- ♦ informacje ogólne (ang. *General Information*),
- ♦ sprzęt i wymagania testowe (ang. *Equipment and Test Requirements*),
- ♦ języki programowania (ang. *Programming Languages*),
- ♦ wytyczne użytkownika (ang. *User Guidelines*),
- ♦ wymianę informacji (ang. *Messaging Service*).

Pierwsze dwie części zostały przyjęte w Polsce bez zmian jako PN-IEC 1131-1:1996 i PN-IEC 1131-2:1996, natomiast trzecia jako PN-EN 61131-3:1998. W zakresie oprogramowania sterowników PLC wyróżniono następujące języki programowania.

### 1. Graficzne, podzielone na:

- ♦ **język LD** (ang. *Ladder Diagram*) — schemat drabinkowy zbliżony do klasycznego technicznego rysunku elektrycznego, toteż jest najprostszą formą oprogramowywania procesów dyskretnych i ciągłych (tabela 2.1 oraz rysunek 2.7). Język LD oferuje 50 kolumn i 50 linii programu na sieć (ang. *network*). Całkowita liczba sieci (linii programu LD) ograniczona jest jedynie ilością pamięci zastosowanego sterownika. Wejścia cyfrowe powinny znajdować się w kolumnach od 1 do 49, natomiast wejścia analogowe łączy

Tabela 2.1. Przekazniki i styki języka LD

Symbol	Nazwa
$\text{—}   \text{—}$	Styk otwarty
$\text{—}   / \text{—}$	Styk zamknięty
$\text{—} ( ) \text{—}$	Przekaznik o stykach otwartych
$\text{—} (SM) \text{—}$	Przekaznik ustawienia z pamięcią SET
$\text{—} (RM) \text{—}$	Przekaznik ustawienia z pamięcią RESET
$ $	Połączenie pionowe
$\text{—}$	Połączenie poziome
$\text{—} < + > \text{—}$	Przekaznik kontynuacji
$< + > \text{—}$	Styk kontynuacji
$\text{—} (/M) \text{—}$	Przekaznik o stykach zamkniętych z pamięcią
$\text{—} (/ ) \text{—}$	Przekaznik o stykach zamkniętych
$\text{—} (M) \text{—}$	Przekaznik o stykach otwartych z pamięcią
$\text{—} (S) \text{—}$	Przekaznik ustawienia SET
$\text{—} (R) \text{—}$	Przekaznik ustawienia RESET
$\text{—} (\uparrow) \text{—}$	Przekaznik uaktywniany zboczem narastającym
$\text{—} (\downarrow) \text{—}$	Przekaznik uaktywniany zboczem opadającym

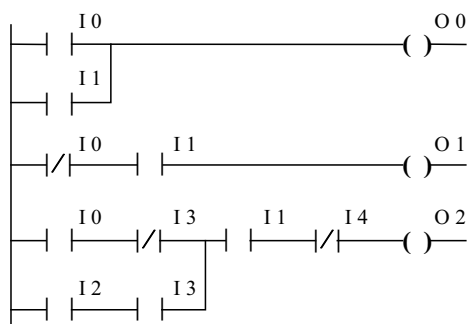
**Rysunek 2.7.**

Przykład programowania w języku LD dla:

$$O0 = I0 + I1;$$

$$O1 = \overline{I0} \cdot I1;$$

$$O2 = (I0 \cdot \overline{I3} + I2 \cdot I3) \cdot I1 \cdot \overline{I4}$$



się bezpośrednio do bloków funkcyjnych FBK (ang. *Function Blok*). Podczas programowania w języku LD typy styków i połączeń sprawdzane są na bieżąco — przeprowadzany jest pełny test poprawności programu. Test ten wykrywa wszelkiego rodzaju niezdeklarowane wyjścia, otwarte połączenia, nienazwane styki lub bloki funkcyjne bez parametrów wejściowych.

- ◆ **język FBD** (ang. *Function Block Diagram*) — diagram schematów bloków funkcyjnych, sekwencja linii zawierających bloki funkcyjne.




## 2. Tekstowe, do których się zalicza:

- ◆ **język listy rozkazów IL** (ang. *Instruction List*) — rodzaj języka assemblera (podrozdz. 6.2).

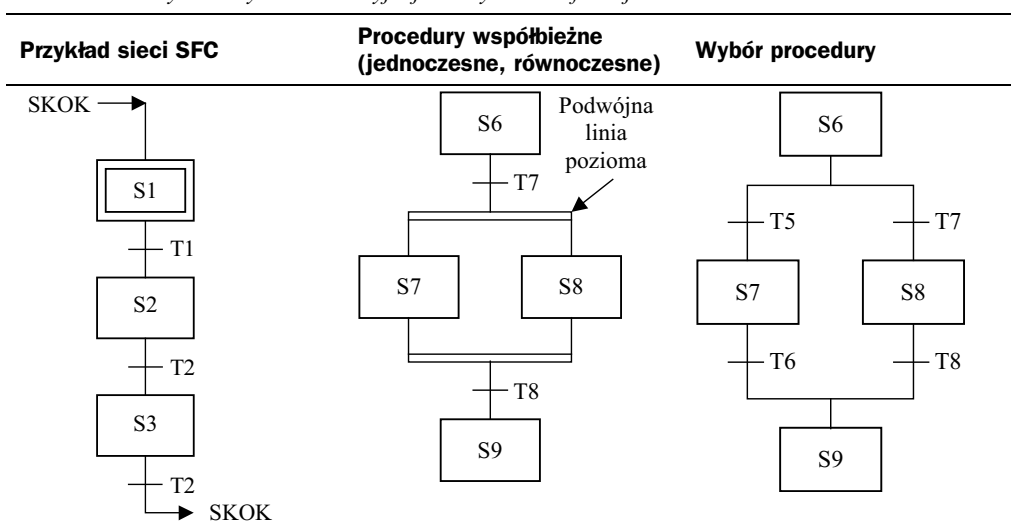
- ♦ **język tekstu strukturalnego ST** (ang. *Structured Text*) — język programowania wyższego poziomu, gwarantujący szybkie i efektywne tworzenie instrukcji projektu. Służy do programowania nawet bardzo zaawansowanych zadań automatyzacji. Jego składnia jest zbliżona do języka Pascal. Na język tekstu strukturalnego składają się takie grupy instrukcji jak operacje logiczne, operacje arytmetyczne, wyrażenia porównań logicznych, decyzje (przypisania), pętle oraz operacje wyboru.

Jako sposób programowania sterownika PLC dopuszcza się również *sekwencyjną tablicę bloków programowych SFC* (ang. *Sequential Function Chart*). Graf sekwencji SFC bazuje na języku Grafcet/Graftec, który został opracowany w celu podzielenia elementów zadania na prostsze jednostki. Jest przeznaczony dla procesów wykonujących określone sekwencje czynności. Symbole wykorzystywane w programowaniu za pomocą tego grafu podzielone są na następujące grupy (tabele 2.2 i 2.3):

**Tabela 2.2.** Symbole tablicy funkcji SFC. Krok (etap — step) może być aktywny lub nieaktywny

Symbol	Nazwa
	Krok początkowy (ang. <i>Initial Step</i> )
	Krok regularny (ang. <i>Regular Step</i> )
	Przejście (tranzycja) — warunki logiczne realizacji poszczególnych kroków. Spełnienie warunków przejścia powoduje dezaktywację aktualnego kroku i aktywację następnego kroku

**Tabela 2.3.** Przykład użycia sekwencyjnej tablicy bloków funkcji SFC



- ♦ **krok początkowy** (ang. *Initial Step*) — każdy program zawiera specjalny blok, nazywany krokiem inicjującym,
- ♦ **krok regularny** (ang. *Regular Step*) — blok programu,

- ◆ **akcje** — zawierają aktualny kod programu; są zawsze przypisywane do jakiegoś etapu; aby zaprogramować akcję, można użyć dowolnego języka programowania,
- ◆ **tranzycja** — przejście pomiędzy akcjami,
- ◆ **skok** — wykorzystywany do implementacji pętli oraz powtórzeń,
- ◆ **gałęzie** — umożliwiają realizację programu sterowania w jednej z kilku gałęzi na kilka różnych sposobów, zależnych od spełnienia określonych warunków. Jeżeli kilka możliwych warunków zostanie spełnionych, wtedy wykonywana jest gałąź pierwsza od lewej strony.

W celu uzyskania niezawodnej pracy sterowania PLC i jego odporności na awarie stosuje się *układy redundancyjne*. Systemy redundancyjne (rezerwacja systemu) bazują na logicznym programie sterownika oraz kombinacji zabezpieczeń sprzętowych i programowych. Oparte są na zdwojeniu urządzeń (sterowników, łączy komunikacyjnych itp.) lub potrojeniu urządzeń. Wtedy jest to redundancja TMR (ang. *Triple Modular Redundancy*). Różni się następujące rodzaje systemów redundancyjnych:

- ◆ **system awaryjnego zamykania procesu ESD** (ang. *Emergency Shutdown System*) — bezpieczne zamykanie cyklu produkcyjnego w przypadku awarii,
- ◆ **gorącą rezerwę** (ang. *Hot Standby PLC Redundancy*) — pierwsza jednostka kontroluje proces, druga jest w stanie oczekiwania; w momencie awarii w aktywnej jednostce CPU rezerwowa jednostka przejmuje sterowanie; przejście sterowania przez jednostkę może odbyć się poprzez mechanizm synchronizacji, który obejmuje:
  - ◆ synchronizację cykli pracy obu jednostek CPU,
  - ◆ synchronizację danych (kopiowanie danych procesowych w każdym cyklu pracy systemu z jednostki aktywnej do rezerwowej),
  - ◆ programowanie i usuwanie awarii w trybie „on-line”,
- ◆ **podwójną redundancję** (ang. *Duplex PLC Redundancy*) — stany wejść przekazywane są jednocześnie do obu jednostek centralnych, które realizują program sterujący. Przy generacji przez jednostki centralne jednakowych stanów wyjść zostanie obrany stan fizycznych wyjść systemu, w przeciwnym przypadku o stanie wyjść decyduje stan skonfigurowany w danym wyjściu jako standardowy — bezpieczny (ang. *Duplex Default State*).

*Programowalne sterowniki automatyki PAC* (ang. *Programmable Automation Controller*) łączą architekturę oprogramowania oraz konfigurację sprzętową programowalnych sterowników PLC z komputerami klasy PC poprzez:

- ◆ niezawodność platformy podobnej do sterowników PLC,
- ◆ funkcjonalność komputerów PC,
- ◆ wykorzystanie standardów przemysłowych, np. OPC (ang. *OLE for Process Control*) oraz XML (ang. *eXtensible Markup Language*),
- ◆ prostotę wymiany informacji pomiędzy urządzeniami różnych producentów.

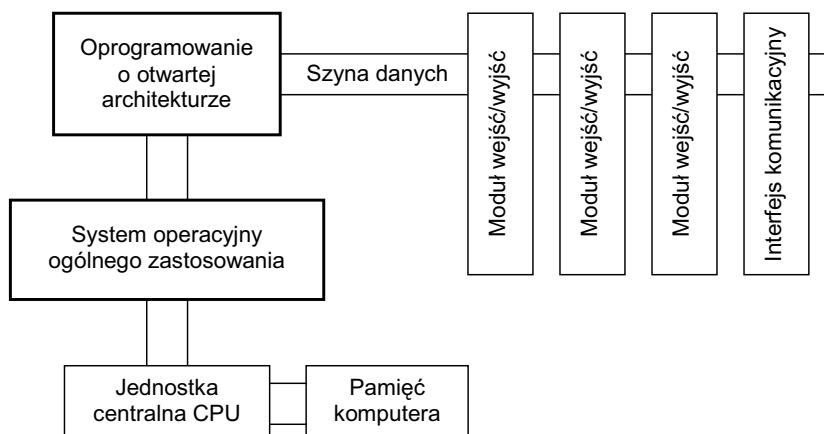


W sterownikach PAC w głównej mierze korzysta się z oprogramowania narzędziowego, które powinno zapewniać:

- ♦ transparentny dostęp do wszystkich parametrów i funkcji w ramach systemu,
- ♦ możliwość połączenia w jeden system sterowników PAC, PLC, SoftPLC oraz stacji rozproszonych wejść/wyjść procesowych,
- ♦ możliwość oprogramowania sterowania ruchem, regulacji ciągłej PID,
- ♦ wspomaganie użytkownika systemu i oprogramowania narzędziowego w zakresie dostępu do wiedzy,
- ♦ rejestrację dużej ilości danych i ich analizę,
- ♦ wizualizację i obsługę danych,
- ♦ maksymalny poziom integracji z siecią przedsiębiorstwa z użyciem sieci Ethernet TCP/IP czy innych standardów technologii informatycznej IT.

Oprogramowanie sterowników PAC zapewnia stabilność i niezawodność systemu operacyjnego czasu rzeczywistego, istotną podczas obsługi wejść/wyjść i ustalania zależności czasowych w systemie oraz określania priorytetów wykonania zadań, takich jak pętle sterowania (rysunek 2.8). Oprogramowanie powinno zawierać wystarczającą liczbę funkcji sterujących i analitycznych oraz umożliwiać zarówno wykonywanie zadań sterowania logicznego, jak i regulacji PID. Uzupełnieniem może być tworzenie własnych, zaawansowanych algorytmów regulacji automatycznej.

**Rysunek 2.8.**  
*Uproszczona architektura sterownika PAC*



W programowalnych sterownikach automatyki PAC używa się tych samych języków programowania, które są charakterystyczne dla sterowników PLC, czyli języków zdefiniowanych w normie IEC 61131-3. Dodatkowo do ich programowania korzysta się również z języków skryptowych, takich jak AB (ang. *B&R Automation Basic*) oraz ANSI C. Język ANSI C jest jednym z najpopularniejszych obecnie języków programowania wysokiego poziomu. Ma zastosowanie nie tylko w komputerach klasy PC, ale również w programowalnych sterownikach automatyki, ponieważ sterowniki PAC mają umożliwiać programowanie niezależne od platformy sprzętowej.

Język Automation Basic jest bardzo podobny do języka strukturalnego tekstu ST (ang. *Structured Text*). To język wysokiego poziomu zaproponowany przez firmę B&R dla systemów automatyki. Jest stosowany w oprogramowaniu dostępnym w Automation Studio, aby umożliwić automatyzację procesów wielu zadań. Charakterystyczne dla składni języka Automation Basic są funkcje logiczne, operacje arytmetyczne, wyrażenia porównań logicznych, instrukcje decyzji i wyboru, instrukcje iteracyjne (np. pętle), konstrukcje pracy krokowej *select*<sup>2</sup>, arytmetyka adresów w pamięci oraz funkcje (m.in. *inLine*) i bloki funkcyjne FBK. Programowanie zadań sterownika (ang. *task*) realizuje się w dwóch sekcjach:

- ◆ **inicjalizacyjnej** — sekcja uruchamiana tylko na początku programu po włączeniu sterownika; zwykle jest używana do inicjacji stałych, ustawienia wartości początkowych zmiennych oraz do wykonywania szeregu operacji,
- ◆ **głównej** — sekcja, w której umieszcza się instrukcje do wykonywania w czasie rzeczywistym przez sterownik programowalny. Działa ona cyklicznie, bez przerwy, w ściśle określonych interwałach czasowych, a zatem cały algorytm sterowania nie może być umieszczony w pojedynczej pętli programu.

Sterowniki PLC są jeszcze bardzo często spotykane w przemyśle i nie przewiduje się ich wycofywania. Modernizacja linii produkcyjnych polega na zastąpieniu istniejących modeli nowszymi. Takie podejście jest zrozumiałe ze względów ekonomicznych oraz praktycznych. Łatwiej zaprogramować nowy sterownik lub zmodyfikować aktualny program, używając już istniejącego oprogramowania, niż wchodzić w nowe obszary organizacji projektu sterownika PAC. Z tego powodu sterowniki PLC wciąż odgrywają olbrzymią rolę na ekonomicznych rynkach świata. Producenci ciągle opracowują nowe technologie, wskutek czego stają się one coraz tańsze. Z drugiej strony, współcześni dostawcy automatyki przemysłowej definiują nową klasę urządzeń, czyli programowalne sterowniki automatyki PAC. Za ich pomocą można wymieniać dane procesowe w otwartych standardach przemysłowych, co przyczynia się do znacznego zwiększenia funkcjonalności systemu sterowania.

---

<sup>2</sup> Praca krokowa *select* — instrukcja z określoną liczbą stanów. Pozostaje w jednym ze stanów dopóty, dopóki nie otrzyma komendy do jego zmiany. Rezultatem takiego działania jest to, że za każdym razem, gdy program wchodzi w ten obszar kodu, wykonywany jest tylko aktualny stan. Dodatkowo umieszczone w niej są warunki, które — jeśli zostaną spełnione — spowodują zmianę stanu w następnym cyklu.

# Skorowidz

## A

adresy IP, 87  
  adres rozgłoszeniowy, 89  
  adresy prywatne, 88  
  adresy publiczne, 88  
  adresy zewnętrzne, 88  
  DNS, 88  
adresy MAC, 84  
  adres multicast, 85  
  adres rozgłoszeniowy, 84  
  adresy funkcyjne, 85  
  adresy lokalnie zarządzane, 85  
AJAX, 196  
algorytm losowy CSMA/CD, 81  
algorytm przekazywania znacznika, 81  
AND, 25  
architektura sieci komputerowych, 65  
  algorytm losowy CSMA/CD, 81  
  algorytm przekazywania znacznika, 81  
  fale elektromagnetyczne, 71  
  kabel koncentryczny, 70  
  LAN, 65  
  MAN, 65  
  niezawodna komunikacja połączeniowa, 82  
  odpytywanie, 82  
  RS 232, 74  
  RS 232C, 74  
  RS 422A, 78  
  RS 485, 79  
  schemat architektury warstwowej, 68  
  skrętka, 70  
  światłowody jednomodalne, 71  
  światłowody wielomodalne, 71  
  technika transmisji jednopasmowej, 72  
  technika transmisji wielopasmowej, 72  
  topologia fizyczna, 66  
  topologia gwiazdista, 67

  topologia logiczna, 66  
  topologia magistralowa, 66  
  topologia nieregularna, 68  
  topologia pierścieniowa, 67  
  topologie sieci komputerowej, 66, 67  
  transmisja danych, 72  
  WAN, 66  
  warstwa aplikacyjna, 69  
  warstwa fizyczna, 68  
  warstwa liniowa, 68  
  warstwa łącza danych, 68, 80  
  warstwa prezentacji, 69  
  warstwa sesji, 69  
  warstwa sieciowa, 68  
  warstwa transportowa, 69  
  węzeł, 65  
  włókno światłowodowe, 70  
  wymagania stawiane obwodom  
    transmisyjnym, 80  
assembler, 165  
  algorytmy tworzenia instrukcji iteracyjnych, 167  
  algorytmy tworzenia instrukcji przypisania  
    wartości do zmiennej, 166  
  algorytmy tworzenia instrukcji wyboru, 166  
  PLAN, 165  
  SAS, 165

## B

bajt, 21, 22  
baza danych, 249  
  algorytm realizacji wszystkich operacji, 253  
  modyfikowanie wartości istniejących obiektów,  
    252  
  odczytywanie danych, 252  
  postać tabelaryczna danych, 254  
  tworzenie nowych obiektów, 252  
  uproszczona struktura folderów, 250  
  usuwanie obiektów, 252

biblioteki API, 186  
budowa, 186

bit, 22

IDE, 112  
LSB, 114  
RTR, 112  
SSR, 112

bitmapa, 34

nagłówek, 34  
obraz bitmapy, 35  
organizacja w modelu 1-, 4- i 8-bitowym, 34

BMP, *Patrz* bitmapa

BMS, 49

## C

CAN, 108

binarny sygnał kodowania, 111  
bit IDE, 112  
bit RTR, 112  
bit SSR, 112  
CAL, 119  
CAN Kingdom, 119  
CANopen, 119  
DeviceNet, 119  
formaty ramek protokołu komunikacyjnego, 112  
kodowanie NRZ, 111  
mechanizmy detekcji błędów, 119  
organizacja pracy w sieci, 108  
poziomy napięcie, 110  
prędkości transmisji danych, 111  
protokół HLP, 118  
przykład rozwiązania kolizji na magistrali, 113  
TTCAN, 119  
warstwa aplikacyjna, 118  
warstwa fizyczna, 109  
warstwa łącza danych, 112

COM, 198

moduły aplikacja serwera, 200  
rejestracja w systemie operacyjnym, 203  
schemat interfejsowy obiektu, 199  
struktura organizowania obiektów budowanych,  
198  
wygląd projektu aplikacji klienta, 199  
wygląd projektu aplikacji serwera, 199

CORBA, 204

język IDL, 204  
protokół IIOP, 205

CRP, 49

## D

dana procesowa, 240

kategorie, 241  
wartość jakości zmiennej procesowej, 241  
wartość stempla czasowego, 240  
zmienna procesowa, 240

DCOM, 204

wymiana informacji pomiędzy hostami, 204

DCS, 45

model infrastruktury systemów  
informatycznych, 47  
podsystem produkcji, 46  
podsystem zarządzania, 46  
uproszczona struktura, 45  
warstwa biznesowa, 46  
warstwa operacyjna, 47  
warstwa produkcyjna, 46

DDE, 197

DEM, 48

DNS, 88

DRP, 49

dwójkowy system liczbowy, *Patrz* system  
dwójkowy

dziesiętny system liczbowy, *Patrz* system  
dziesiętny

## E

encja, 42

ERP, 48

BMS, 49

CRP, 49

DEM, 48

DRP, 49

funkcjonalność przedsiębiorstwa, 48

INV, 49

IOC, 49

MPS, 48

MRP, 48

narzędzia i pomoce warsztatowe, 49

planowanie biznesowe, 48

planowanie finansowe, 49

pomiar wyników, 49

PUR, 49

SFC, 49

SOP, 48

SRS, 49

symulacje, 49

EtherCAT, 133

budowa węzła sieci, 136

organizacja pracy sieci, 135

protokoły komunikacyjne sieci, 133  
 protokół EtherCAT, 133  
 ramka protokołu komunikacyjnego, 134  
 Ethernet Powerlink, 137  
 cykl pracy, 138  
 proces wymiany informacji, 139  
 struktura połączeń węzłów, 138  
 właściwości, 139

## F

fale elektromagnetyczne, 71  
 format BMP, *Patrz* bitmapa  
 funkcje logiczne, 25  
   AND, 25  
   Hi, 25  
   Lo, 25  
   Not, 25  
   OR, 25  
   XOR, 26  
 funkcjonalność przedsiębiorstwa, 48  
   bilansowanie produkcji i sprzedaży, 48  
   ewidencja magazynowa, 49  
   harmonogramowanie planu produkcji, 48  
   narzędzia i pomoce warsztatowe, 49  
   planowanie biznesowe, 48  
   planowanie finansowe, 49  
   planowanie potrzeb materiałowych, 48  
   planowanie zasobów dystrybucyjnych, 49  
   planowanie zdolności produkcyjnych, 49  
   pomiar wyników, 49  
   sterowanie produkcją, 49  
   sterowanie stanowiskami roboczymi, 49  
   sterowanie zleceniami, 49  
   symulacje, 49  
   wspomaganie zarządzania strukturami materiałowymi, 49  
   zaopatrzenie, 49  
   zarządzanie popytem, 48

## H

Hi, 25  
 HTML, 35, 96  
   HTML Tags, 36  
   lista znaczników języka, 36  
   przykład dokumentu, 39  
 HTML Tags, 36  
 hub, *Patrz* koncentrator

## I

IEC 1131, 59  
 IEC 61131, 59

iloczyn logiczny, *Patrz* AND  
 INV, 49  
 IOC, 49

## J

jądro systemu, 173  
   algorytm wykonywania zadań przez procesor, 174  
   biblioteki API, 186  
   budowa procesu, 175  
   deskryptor procesu, 174  
   kontekst, 176  
   proces, 174  
   program, 174  
   przerwanie, 175  
   semafor, 179  
   semafor binarny, 180  
   semafor ogólny, 180  
   stany procesu, 176  
   TCB, 178  
   wątek, 175  
   wykonywanie procesów, 175  
 język AB, 63  
 język ANSI C, 63  
 język FBD, 60  
 język HTML, *Patrz* HTML  
 język IDL, 204  
   przykład definicji interfejsu, 205  
 język IL, 60  
 język LD, 59  
   przekazniki i styki, 60  
 język listy rozkazów, *Patrz* język IL  
 język PHP, 258  
 język SQL, 231, 254  
   przykłady zapytań, 255, 256, 257  
   składnia, 254  
   SQL DCL, 255  
   SQL DDL, 255  
   SQL DML, 254  
   SQL TCL, 255  
 język ST, 61  
 język tekstu strukturalnego, *Patrz* język ST  
 język XML, *Patrz* XML  
 języki programowania, 59, 167  
   graficzne, 59  
   język FBD, 60  
   język IL, 60  
   język LD, 59  
   język ST, 61  
   języki akademickie, 167  
   języki deklaratywne, 167  
   języki ezoteryczne, 167  
   języki funkcyjne, 167

języki programowania  
 języki historyczne, 167  
 języki imperatywne, 167  
 języki obiektowe, 167  
 języki skryptowe, 167  
 tekstowe, 60

**K**

kabel koncentryczny, 70  
 klient, 18  
 kod BCD, 24  
 reprezentacje liczb, 25  
 kod uzupełnień do dwóch, 26  
 kody ASCII, 29  
 tablica kodów, 30  
 ważniejsze znaki, 31  
 komendy AT, 43  
 kompilator, 168  
 analizy, 170  
 C#, 170  
 fazy kompilatora, 172  
 Java, 169  
 kod wynikowy, 171  
 kompilacja, 170  
 PHP, 170  
 proces asemblacji, 171  
 schemat blokowy procesu kompilacji, 173  
 schemat blokowy przetwarzania programu, 171  
 komputerowe systemy automatyki  
 przemysłowej, 239  
 dana procesowa, 240  
 diagnostyka, 262  
 model klienta aplikacji WWW, 258  
 protokół S-BUS, 242  
 rola węzłów nadrzędnych, 245  
 serwery automatyki przemysłowej, 242  
 system baz danych, 249  
 koncentrator, 67

**L**

LAN, 65  
 liczba binarna, 23  
 funkcje logiczne, 25  
 kod uzupełnień do dwóch, 26  
 sumy kontrolne, 31  
 typy danych, 27  
 liczba heksadecymalna, 24  
 LIN, 113  
 bit LSB, 114  
 format jednostki informacyjnej, 115  
 inicjacja uśpienia węzłów, 117

protokół komunikacyjny, 116  
 przykład organizacji pracy, 116  
 przywrócenie normalnej pracy węzłów, 117  
 suma kontrolna FCS, 116  
 warstwa fizyczna, 114  
 Lo, 25

**M**

MAN, 65  
 maska podsieci, 89  
 MES, 50  
 funkcje, 50  
 gromadzenie i akwizycja danych, 52  
 harmonogramowanie produkcji, 53  
 rozsyłanie zadań produkcyjnych, 53  
 straty w dostępnym czasie pracy maszyny, 52  
 śledzenie i genealogia produkcji, 51  
 wskaźnik OEE, 50  
 zarządzanie alokacją zasobów, 52  
 zarządzanie jakością, 52  
 zarządzanie obiegiem dokumentów, 52  
 zarządzanie utrzymaniem ruchu, 53  
 zarządzanie wydajnością, 50  
 zarządzanie wykonaniem produkcji, 50  
 zarządzanie zasobami ludzkimi, 53  
 metody API, 94  
 miernik MPS, 140  
 numery rozkazów, 143  
 protokół komunikacyjny, 142  
 miernik N12H, 150  
 wykaz rejestrów tylko do odczytu, 150  
 Modbus, 101  
 cechy sieci, 101  
 czasy komunikatu odbieranego, 105  
 format protokołu komunikacyjnego, 102  
 identyfikacja pakietu, 105  
 miernik N12H, 150  
 nadanie i odbiór komunikatu, 102  
 pole adresu, 103  
 pole danych, 104  
 pole funkcji, 103  
 pole sumy kontrolnej, 104  
 protokół Modicon, 107  
 schemat sieci o topologii magistralowej, 102  
 tryb cykliczny, 104  
 tryb niecykliczny, 104  
 model klienta aplikacji WWW, 258  
 język PHP, 258  
 schemat przetwarzania skryptów PHP, 259  
 MPS, 48  
 MRP, 48

MRP II, 48

funkcjonalność przedsiębiorstwa, 48

## N

negacja, *Patrz* Not

niezawodna komunikacja połączeniowa, 82

Not, 25

## O

odpytywanie, 82

OLE, 197

OPC, 207, 239

architektura modelu komunikacyjnego, 230

identyfikacja w systemie operacyjnym, 215

identyfikatory CATID, 216

interfejsy, 217

model tunelowania, 223

najważniejsze wady, 223

OPC A&E, 213

OPC DA, 209

OPC HDA, 210

OPC Security, 214

OPC XML DA, 214

OPCBrowser, 218

OPCGroup, 219

OPCGroups, 219

OPCItem, 220

OPCItems, 219

OPCServer, 218

OPCServerBrowser, 216

poziomy bezpieczeństwa, 214

specyfikacja Data Access, 209

struktura specyfikacji, 208

tunelowanie, 222

OPC A&E, 213

obiekty wchodzące w skład klienta i serwera, 222

opisy struktur zdarzeń, 213

przykład hierarchii obiektów, 214

przykład przestrzeni nazw, 214

typy zdarzeń, 213

OPC DA, 209

architektura dostępu do zmiennych

procesowych, 209

cechy specyfikacji, 214

identyfikatory interfejsów, 221

obiekty, 217

obiekty wchodzące w skład klienta i serwera, 220

przykład interfejsu, 222

przykład hierarchii obiektów, 210

przykład przestrzeni nazw, 210

tryby odczytu danych, 210

OPC HDA, 210

automatyzacja obiektów, 212

obiekty wchodzące w skład klienta i serwera, 221

przykład hierarchii obiektów, 212

przykład przestrzeni nazw, 212

rodzaje operacji, 211

typy serwerów, 211

OPC UA, 226

architektura, 227

architektura modelu komunikacyjnego, 231

architektura organizowania pracy głównych

serwerów, 230

specyfikacje, 228

wymagania stawiane technologii, 226

OR, 25

## P

PAC, 62

uproszczona architektura, 63

PLC, 56

architektura sterownika, 57

baterie, 57

cykl pracy, 59

mikroprocesor, 57

moduły inteligentne, 58

moduły wejść/wyjść, 57

obudowa, 58

pamięć, 57

SFC, 61

szyna danych, 57

układy redundancyjne, 62

zasilacz, 57

Profibus, 121

dodanie nowego węzła nadrzędnego, 127

inicjacja pierścienia obiegu znacznika, 127

parametry czasowe, 124

przekazanie znacznika, 127

przykład konfiguracji, 126

schemat sieci, 123

specyfikacja FMS, 130

struktury protokołów komunikacyjnych, 129

terminator segmentu, 122

usunięcie węzła, 128

warstwa aplikacyjna, 130

warstwa fizyczna, 121

warstwa łącza danych, 123

warstwowy model sieci, 121

Profibus DP, 130

warstwa fizyczna, 130

warstwa łącza danych, 131

zalecane wartości parametrów, 132

programowalne sterowniki automatyki, *Patrz* PAC

programowalny sterownik logiczny, *Patrz* PLC

protokół EtherCAT, 133  
 protokół Ethernet, 84, 86  
   algorytm transmisji pakietu danych, 87  
 protokół HLP, 118  
 protokół HTTP, 96  
   język HTML, 96  
   schemat funkcjonowania zapytań, 96  
 protokół IIOIP, 205  
 protokół IP, 86, 87, 89  
   adresy IP, 87  
   datagram, 89  
   DNS, 88  
   maska podsieci, 89  
 protokół Modicon, 107  
   odmiany protokołów komunikacyjnych, 107  
   wykaz funkcji, 108  
 protokół RSEP, 232, 235  
 protokół S-BUS, 242  
   pola protokołu, 243  
 protokół SOAP, 97  
   przykład odpowiedzi, 98  
   przykład zapytania, 98  
 RPC, 97  
   struktura, 97  
   wady, 98  
 protokół TCP, 86, 91  
   nagłówek, 92, 93  
   porty, 91  
 protokół TLS, 224  
 protokół UDP, 94  
   nagłówek, 95  
 przemiennik częstotliwości ACS 600, 146  
 przemysłowe sieci komputerowe, 99  
   CAN, 108  
   EtherCAT, 133  
   Ethernet Powerlink, 137  
   LIN, 113  
   miernik MPS, 140  
   miernik N12H, 150  
   Modbus, 101  
   parametry wybranych sieci, 100  
   porównanie cech sieci LIN i CAN, 118  
   Profibus, 121  
   Profibus DP, 130  
   przemiennik częstotliwości ACS 600, 146  
   przepustowość użyteczna sieci, 99, 100  
   schemat kontroli, 107  
   sprawność sieci, 99  
 przemysłowy system informatyczny, 17  
   system DCS, 17  
   technologia OPC, 17  
 PUR, 49

**R**

rozproszone systemy sterowania, *Patrz* DCS  
 różnica symetryczna, *Patrz* XOR  
 RS 232, 74  
   asynchroniczna transmisja znakowa, 75  
   połączenie urządzeń, 75  
   transmisja synchroniczna, 75  
 RS 232C, 74  
   oznaczenia styków interfejsu, 76  
 RS 232C  
   męski rodzaj interfejsu, 76  
 RS 422A, 78  
 RS 485, 79  
 RSE, 231  
   architektura, 232  
   budowa programu, 234  
   model komunikacji, 235  
   moduły serwera, 233  
   protokół RSEP, 235  
   przestrzeń danych, 233  
   RSEP, 232  
   środowisko uruchomieniowe, 233  
   właściwości, 236

**S**

SCADA/HMI, 53  
   Adroit, 54  
   ANT Studio, 54  
   ASIX, 54  
   EMAC, 54  
   GEMOS, 54  
   MicroSCADA, 54  
   Movicon SCADA, 54  
   National Instruments LabVIEW, 54  
 schowek, 196  
 sekwencyjna tablica bloków programowych,  
   *Patrz* SFC  
 serwer, 18  
 serwer systemu nazw domenowych, *Patrz* DNS  
 serwer WWW, 258  
 serwery automatyki przemysłowej, 242  
   protokół S-BUS, 242  
   rola węzłów nadrzędnych, 245  
   struktura współpracy, 242  
   warstwa biznesowa, 244  
   warstwa danych, 244  
   warstwa prezentacji, 244  
   warstwowy model serwera, 245  
 SFC, 49, 61  
   akcje, 62  
   gałęzie, 62  
   krok początkowy, 61



- krok regularny, 61
- skok, 62
- symbole, 61
- tranzycja, 62
- sieci lokalne, *Patrz* LAN
- sieci metropolitarne, *Patrz* MAN
- sieci rozległe, *Patrz* WAN
- sieć Ethernet, 84
  - adresy MAC, 84
  - format ramki danych, 85
  - metody API, 94
- skrętka, 70
- SOP, 48
- sprzęt komputerowy, 154
  - algorytm pracy procesora, 155
  - koprocesor, 159
  - lista rozkazów procesora, 157
  - pamięć, 154
  - podstawowe elementy, 154
  - procesor CPU, 154
  - rejestry ogólnego przeznaczenia procesora, 155
  - rejestry segmentowe procesora, 155
  - rozkazy powtarzające procesora, 158
  - ważniejsze instrukcje koprocesora, 160
- SRS, 49
- sterowniki PLC/PAC, 56
  - architektura sterownika PAC, 63
  - architektura sterownika PLC, 57
  - cykl pracy, 59
  - PAC, 62
  - PLC, 56
  - SFC, 61
- suma logiczna, *Patrz* OR
- sumy kontrolne, 31
  - algorytmy, 31
  - CRC, 32
  - LRC, 32
  - XOR, 31
- system arabski, *Patrz* system dziesiętny
- system baz danych, 249
  - baza danych, 249
  - język SQL, 254
  - schemat blokowy wskaźnikowej listy jednokierunkowej, 251
  - struktura, 250
- system binarny, *Patrz* system dwójkowy
- system DCS, 17
- system decymalny, *Patrz* system dziesiętny
- system dwójkowy, 21, 22
  - bajt, 22
  - bit, 22
  - liczba binarna, 23
- system dziesiętny, 21, 22
  - system heksadecymalny, *Patrz* system szesnastkowy
  - system komputerowy, 239
    - system operacyjny, 239
  - system liczbowy, 21
    - kod BCD, 24
    - kod uzupełnień do dwóch, 26
    - liczba binarna, 23
    - liczba heksadecymalna, 24
    - przeliczenie na liczbę dziesiętną, 21
    - system dwójkowy, 21
    - system dziesiętny, 21
    - system szesnastkowy, 21
  - system nadzorujący przebieg procesu technologicznego, *Patrz* SCADA/HMI
  - system operacyjny, 153, 239
    - aplikacje MDI, 188
    - aplikacje SDI, 188
    - dziedziczenie priorytetu, 182
    - inwersja priorytetów, 182
    - jądro systemu, 153, 173
    - kolejka komunikatów, 184
    - komunikaty, 184
    - kontroler przerwań, 183
    - model uwarunkowania czasowego, 193
    - obsługa przerwań, 184
    - obsługa zdarzeń, 183
    - PostMessage, 185
    - procedura szeregująca, 178
    - programy aplikacyjne, 188
    - programy systemowe, 188
    - przerwania, 183
    - RegisterWindowMessage, 185
    - RTS, 192
    - schemat działania muteksu, 179
    - schematyczna budowa, 153
    - sekcja krytyczna, 180
    - SendMessage, 185, 190
    - stany procesu, 176, 177
    - szeregowanie wątków, 178
    - warstwa aplikacyjna, 153
    - warstwa systemowa, 153
    - współdzielenie zasobów, 179
    - wzajemne wykluczenie, 180
  - system planowania zasobów produkcyjnych, *Patrz* MRP II
  - system planowania zasobów przedsiębiorstwa, *Patrz* ERP
  - system realizacji produkcji, *Patrz* MES
  - system szesnastkowy, 21, 23
    - liczba heksadecymalna, 24
  - system zero-jedynkowy, *Patrz* system dwójkowy
  - szesnastkowy system liczbowy, *Patrz* system szesnastkowy

**Ś**

światłowody jednomodalne, 71  
 światłowody wielomodalne, 71

**T**

tablica kodów ASCII, 30  
 technologia COM/DCOM, 196  
 technologia Ethernet, 84  
 technologia informacyjna, 195  
   AJAX, 196  
   COM, 198  
   CORBA, 204  
   DCOM, 204  
   DDE, 197  
   OLE, 197  
   OPC, 207  
   OPC UA, 226  
   RSE, 231  
   schowek, 196  
   system agentowy, 206  
   technologia COM/DCOM, 196  
   technologia mobilnych agentów, 205  
 technologia OPC, 17  
   klient, 18  
   serwer, 18  
 token, 67  
 topologia sieci, 66  
   fizyczna, 66  
   gwiazdzista, 67  
   logiczna, 66  
   magistralowa, 66  
   nieregularna, 67  
   pierścieniowa, 67  
 transmisja danych, 72  
   adresy MAC, 84  
   algorytm losowy CSMA/CD, 81  
   algorytm przekazywania znacznika, 81  
   asynchroniczna transmisja znakowa, 75  
   bit kontrolny, 77  
   bit startu, 76  
   DNS, 88  
   jednostka informacyjną, 76  
   kontrola parzystości, 77  
   niezawodna komunikacja połączeniowa, 82  
   odpytywanie, 82  
   pole danych, 77  
   protokół EtherCAT, 133  
   protokół Ethernet, 84  
   protokół HLP, 118  
   protokół HTTP, 96

protokół IOP, 205  
 protokół IP, 87, 89  
 protokół Modicon, 107  
 protokół RSEP, 232, 235  
 protokół S-BUS, 242  
 protokół SOAP, 97  
 protokół TCP, 91  
 protokół TLS, 224  
 protokół UDP, 94  
 RS 232, 74  
 RS 232C, 74  
 RS 422A, 78  
 RS 485, 79  
 technologia Ethernet, 84  
 transmisja duplexowa, 77  
 transmisja jednopasmowa, 72  
 transmisja półduplexowa, 77  
 transmisja synchroniczna, 75  
 transmisja wielopasmowa, 72  
 wymagania stawiane obwodom  
   transmisyjnym, 80  
 zawodna komunikacja bezpołączeniowa, 82

**U**

układy redundancyjne, 62  
   ESD, 62  
   gorąca rezerwa, 62  
   podwójna redundancja, 62  
 urządzenia automatyki przemysłowej, 55  
   sposoby sterowania, 56  
   sterowanie lokalne, 55  
   sterowanie zdalne, 55

**W**

WAN, 66  
 węzeł, 65  
   nadrzędny, 65, 245  
   podrzędny, 65  
   rodzaje łączny, 67  
   token, 67  
   zadania węzłów nadrzędnych, 245  
 włókno światłowodowe, 70  
 wskaźnik OEE, 50

**X**

XML, 40  
   atrybuty znaczników, 41  
   cechy dokumentu, 41  
   encja, 42

instrukcja przetwarzania, 42  
przestrzeń nazw, 42  
przykład dokumentu, 40  
XOR, 26

## **Z**

zawodna komunikacja bezpołączeniowa, 82



# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



- 1. ZAREJESTRUJ SIĘ**
- 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI**
- 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ**

Zmień swoją stronę WWW  
w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

## Zwiększ efektywność przedsiębiorstwa dzięki stosowaniu inteligentnych rozwiązań!

Trudno wyobrazić sobie nowoczesne przedsiębiorstwo przemysłowe, w którym do sterowania procesami technologicznymi nie wykorzystywano by pewnego systemu automatyki. Wraz z rozwojem technologii wytwarzania i niesamowitym wręcz postępem w informatyce systemy te z jednej strony zaczęły się coraz bardziej komplikować, z drugiej — trafiają do coraz mniejszych firm, w których kontrolują coraz więcej operacji. Gromadzą przy tym ogromne ilości informacji wykorzystywanych do sterowania, monitorowania i analizowania pracy maszyn czy urządzeń.

Dane tego typu muszą być w jakiś sposób przesyłane do systemów nadzorczych, należy też nimi odpowiednio zarządzać oraz umożliwić właściwe ich wykorzystanie. W tym celu opracowano standardy komunikacyjne, bazy danych i rozwiązania wizualizacyjne, dzięki którym można nie tylko bardziej skutecznie kontrolować działanie instalacji przemysłowych, lecz również szybko reagować na ewentualne awarie oraz właściwie planować przeglądy techniczne i remonty. Wszystko to przekłada się na zwiększenie wydajności, zmniejszenie awaryjności i skrócenie czasu przestoju przedsiębiorstwa, to zaś ma wpływ na jego wyniki ekonomiczne.

Książka *Komputerowe systemy automatyki przemysłowej* ma przybliżyć czytelnikowi mechanizmy przekazywania informacji w komputerowym systemie sterowania procesem przemysłowym. Autor opisuje podstawy technologii komunikacyjnych wykorzystywanych podczas eksploatacji infrastruktury systemów informatycznych przedsiębiorstwa, a także zagadnienia dotyczące przemysłowych sieci komputerowych. Skupia się na budowie przemysłowych systemów operacyjnych oraz różnych systemach komputerowych używanych w automatyce przemysłowej.

- Ogólny model infrastruktury systemów informatycznych przedsiębiorstwa
- Przemysłowe sieci komputerowe wykorzystywane w systemach automatyki
- Budowa systemów operacyjnych stanowiących środowisko pracy aplikacji komputerowych przy sterowaniu i akwizycji danych procesowych
- Przegląd technologii informatycznych stosowanych przy tworzeniu komputerowych systemów automatyki przemysłowej, w tym standardów komunikacyjnych OPC

**Wykorzystaj praktyczne rozwiązania do sterowania i monitorowania procesów technologicznych i miej wszystko pod kontrolą!**

W katalogowy: 11840



Księgarnia internetowa  
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:

**0 801 339900**



**0 601 339900**



**Helion**

Sprawcz najnowsze promocje:  
• <http://helion.pl/promocje>  
Książki najchętniej czytane:  
• <http://helion.pl/bestsellery>  
Zamów informacje o nowościach:  
• <http://helion.pl/novosci>

Helion SA  
ul. Kosciuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
<http://helion.pl>

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Cena 39,90 zł

ISBN 978-83-246-5142-9



9 788324 651429

Informatyka w najlepszym wydaniu