

3

CHARAKTERYSTYKA AKWIZYCJI DANYCH Z SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH DLA POTRZEB ZARZĄDZANIA PRZEDSIĘBIORSTWEM

3.1 WSTĘP

Coraz powszechniejszą praktyką, zwłaszcza w grupie dużych firm produkcyjnych, jest stosowanie komputerowych systemów wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem klasy ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*), integrujących w jednolitym, systematycznie zorganizowanym środowisku obsługę wielu obszarów działalności przedsiębiorstwa. Systemy ERP umożliwiają usprawnienie działania firmy i poprawę wyników gospodarczych. W wielu przedsiębiorstwach działanie systemu wspomagającego ogranicza się jednak do obszarów, należących do warstwy biznesowej przedsiębiorstwa, brak jest natomiast sprawnych mechanizmów, pozwalających na przekazywanie w czasie rzeczywistym informacji z systemu produkcyjnego bądź mechanizmy takie działają ze znacznym opóźnieniem lub nie dostarczają całego zakresu wiarygodnych informacji. Obserwowane obecnie tendencja do stosowania systemów warstwy pośredniej (MES) nie jest sama w sobie rozwiązaniem tego problemu, ponieważ również te systemy muszą być zasilane aktualnymi danymi.

Przepływ informacji między warstwą biznesową i produkcyjną przedsiębiorstwa z jednej strony obejmuje informacje sterujące działaniem systemu produkcyjnego i określające zadania, a z drugiej informacje o wykonaniu zaplanowanych zadań, przepływie materiałów i produktów oraz napotkanych problemach i stanie systemu wytwórczego. W artykule dyskutowane są zagadnienia przepływu informacji między systemami informatycznymi wspomagającymi różne obszary przedsiębiorstwa. Szczególny akcent położony jest na kwestię akwizycji danych z różnego rodzaju systemów produkcyjnych. Przeprowadzenie klasyfikacji systemów i procesów produkcyjnych ze względu na specyfikę tworzenia w nich systemu akwizycji danych dla potrzeb zarządzania powinna pozwolić na trafny dobór rozwiązań akwizycji danych, metod ich przetwarzania i interfejsów komunikacyjnych.

System akwizycji informacji dla potrzeb wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem może być tworzony jako samodzielny system, jednak względy ekonomiczne powodują, że w jego skład powinny wchodzić elementy uprzednio istniejące i przeznaczone do innych zadań. Akwizycja danych w przedsiębiorstwach może być prowadzona także w celu sterowania procesami zautomatyzowanymi oraz diagnostyki urządzeń. Wykorzystanie tych systemów i istniejących w nich danych pozwala na ułatwienie i obniżenie kosztu akwizycji danych dla potrzeb zarządzania, należy jednak przedyskutować ich cechy charakterystyczne, co umożliwi

poprawne połączenie systemów o różnych charakterystykach i zastosowaniach.

W skład prawidłowo zbudowanego systemu akwizycji danych powinny wchodzić elementy zbierające dane z fizycznych procesów, pozwalające je przesyłać, archiwizować, prowadzić wstępną analizę oraz prezentować odbiorcom (zarówno w warstwie biznesowej, procesowej jak i operacyjnej) bądź wprowadzać bezpośrednio do systemów klasy MES i ERP.

3.2 SYSTEMY INFORMATYCZNE W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Z funkcjonalnego punktu widzenia w przedsiębiorstwie można wyróżnić warstwy, w których realizowane są różnego rodzaju działania. Najczęściej stosowany podział rozróżnia w przedsiębiorstwie 4 warstwy (rys. 3.1): korporacyjną (w której podejmowane są decyzje strategiczne), biznesową (odbywa się w niej zarządzanie na poziomie taktycznym), produkcyjną (zachodzi w niej bieżące zarządzanie produkcją, tj. uszczegóławianie planów opracowanych w warstwie biznesowej, ich uruchamianie i kontrola wykonania) oraz procesową (obejmuje eksploatację maszyn i urządzeń, określana jest jako warstwa sterowania, jeśli w firmie stosowane są zautomatyzowane systemy sterowania) [14]. W celu umożliwienia sprawnego działania przedsiębiorstwa, zarówno w obrębie warstw, jak i między nimi powinna zachodzić komunikacja. Dla umożliwienia tej komunikacji, a więc integracji systemów przedsiębiorstwa, konieczne jest opracowanie odpowiednich metod i interfejsów przesyłania danych oraz metod akwizycji danych zwłaszcza w warstwie procesowej, co pozwoli na sprawne przesyłanie informacji zwrotnej z najniższego poziomu przedsiębiorstwa.



Rys. 3. 1 Struktura przedsiębiorstwa – warstwy i ich funkcje

W początkowym okresie wspomaganie komputerowe pracy przedsiębiorstwa rozwiązania informatyczne miały charakter wysp – dotyczyły określonych aspektów działalności przedsiębiorstwa. Rozwój technologii informatycznych, ich upowszechnienie i spadek cen, spowodowały wzrost liczby rozwiązań, obejmujących coraz więcej obszarów

przedsiębiorstwa [18]. Z czasem zaczęto zauważać potrzebę integracji systemów informatycznych w celu usprawniania działalności i podnoszenia wydajności przy równoczesnej redukcji kosztów. Integracja miała ułatwić i usprawnić przepływ informacji [3].

Informacje o realizacji poleceń i rzeczywistym stanie systemu produkcyjnego muszą być zbierane od pracowników najniższego szczebla oraz z urządzeń produkcyjnych. Analiza zagadnienia akwizycji informacji z warstwy procesowej przedsiębiorstwa wymaga rozpoznania charakterystyki systemów, które mają korzystać z informacji. W poniższych punktach przedstawiono charakterystyki oraz typowe systemy informatyczne poszczególnych warstw przedsiębiorstwa [6, 11].

Warstwa biznesowa – znajdują się w niej systemy wspomagające zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa, produktami, materiałami oraz relacjami z klientami i dostawami. Główne zadania to wykonywanie analiz, wspomaganie decyzji biznesowych, administracja infrastrukturą i pomoc w planowaniu operacyjnym. Systemy najczęściej przypisywane do warstwy biznesowej to: ERP (Enterprise Resource Planning) – planowanie zasobów przedsiębiorstwa, HRM (Human Resources Management) – zarządzanie zasobami ludzkimi, CRM (Customer Relationship Management) – zarządzanie relacjami z klientami, PLM (Product Lifecycle Management).

Warstwa produkcyjna (operacyjna) – systemy tej warstwy odpowiadają za wykonanie planów operacyjnych, traktując proces technologiczny jako pewną całość, złożoną z procesów składowych. Warstwę operacyjną tworzą systemy wizualizacji i nadzoru produkcji, a ich podstawowym zadaniem jest zarządzanie procesami technologicznymi i monitorowanie ich przebiegu. Warstwa ta jest elementem, który powinien pośredniczyć w przekazywaniu informacji z warstwy procesowej do biznesowej. Systemy informatyczne wspomagające działanie przedsiębiorstwa w tej warstwie to między innymi: MES (Manufacturing Execution System) – systemy realizacji produkcji, MOM (ang. Manufacturing Operations Management), CAPA (Corrective Action/Preventive Action systems) – systemy działań korekcyjnych/prewencyjnych, Historian – przemysłowe bazy danych, Systemy wspomagające gospodarkę narzędziową i remontową, SDMS (Scientific Data Management Systems) – systemy zarządzania danymi naukowymi, Systemy wspomagające zarządzanie obiegiem dokumentów produkcyjnych (workflow), PDM (Product Data Management), CAQ (Computer Aided Quality) – systemy zapewniania jakości.

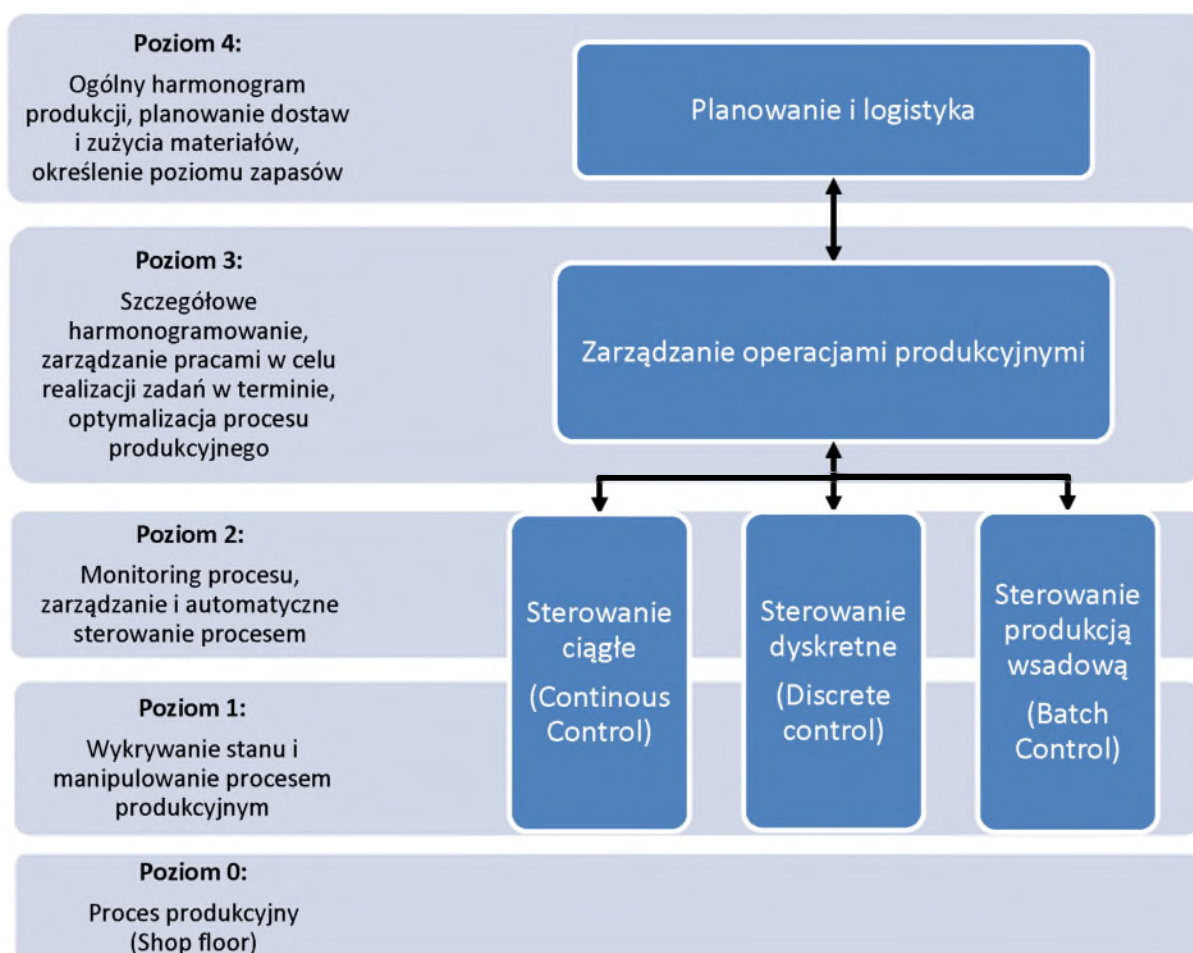
Warstwa procesowa (sterowania) – występują w niej systemy i urządzenia automatyki, odpowiadające za sterowanie urządzeniami produkcyjnymi. Główne zadania systemów tej warstwy to zapewnienie bezpiecznego przebiegu procesu technologicznego, interakcja z operatorami i realizacja poleceń warstwy operacyjnej. Systemy warstwy sterowania to m.in.: SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – systemy nadzorujące przebieg procesu technologicznego, DCS (Distributed Control System) – rozproszone systemy sterowania.

W analizie pominięto systemy przygotowania produkcji, należące głównie do klasy CAx, także tworzące rozbudowaną grupę. W kolejnych rozdziałach przedstawiono charakterystykę systemów MES, problematykę integracji systemów informatycznych oraz propozycje klasyfikacji systemów produkcyjnych istotne ze względu na potrzeby akwizycji informacji.

3.2.1 Systemy realizacji produkcji – MES

Systemy realizacji produkcji MES (ang. *Manufacturing Execution Systems*) są określane jako najważniejszy element warstwy produkcyjnej przedsiębiorstwa, mający także zapewnić sprawną komunikację pionową między warstwą biznesową i procesową przedsiębiorstwa, przy czym zakłada się, że w systemie produkcyjnym stosowane są głównie zautomatyzowane maszyny i urządzenia. Informacje dla potrzeb MES pobierane mają być bezpośrednio z urządzeń składających się na system produkcyjny [18]. Struktura, pojęcia, architektura i funkcje systemu MES zostały zdefiniowane w standardzie ANSI/ISA-95 (będącym podstawą normy IEC 62264). Standard umożliwia określenie, jakie informacje powinny być wymieniane między systemami obsługującymi sprzedaż, finanse i logistykę, a systemami odpowiedzialnymi za produkcję, utrzymanie ruchu zakładu i jakość [6]. Rozwiązania MES opisywane w ANSI/ISA-95 dotyczą różnych rodzajów procesów technologicznych (dyskretne, ciągłe i wsadowe).

ANSI/ISA-95 dostarcza wskazówek, jak pomyślnie zaimplementować system MES w przedsiębiorstwie, definiując granice między poziomami przedsiębiorstwa (rys. 3.2) [2, 11].



Rys. 3.2. Integracja systemów sterowania przedsiębiorstwa według ANSI/ISA-95

Poziom 0 jest fizycznym procesem produkcyjnym, stanowiącym obiekt, na który oddziałują elementy wykonawcze poziomu 1, a zmiany w nim są obserwowane przez

sensory, również należące do tego poziomu. Poziom 2 tworzą systemy sterowania PLC/DCS oraz SCADA. Poziomy 1 i 2 odpowiadają więc warstwie procesowej z rys. 3.1. Z poziomów wyższych do systemów poziomu 2 wysyłane są szczegółowe plany produkcji oraz instrukcje pracy lub receptury. W odpowiedzi systemy te dostarczają informacje takie jak wartości zmiennych procesowych, alarmy i status realizacji zadań produkcyjnych.

Na poziomie 3 (odpowiednik warstwy produkcyjnej z rys. 3.1) odbywa się operacyjne sterowanie produkcją w celu wypełniania zadań sformułowanych na poziomie 4 (warstwa biznesowa z rys. 3.1). Poziom 3 (MES) ma integrować informacje ekonomiczne i szczegółowe dane produkcyjne.

System MES powinien prezentować informacje bezpośrednio kadrze zarządzającej przedsiębiorstwem oraz wymieniać je z systemami poziomu 4 [16]. Przykładowe dane przesyłane do ERP, to wyniki analiz wydajności, informacje o zrealizowanej produkcji i zużytych materiałach, a pobierane z ERP – plany produkcji i zamówienia. Do systemów HRM powinny trafiać informacje o udziale w zadaniach i wydajności pracowników, z HRM powinny być pobierane informacje o kwalifikacjach i umiejętnościach pracowników. Do systemów CRM powinny trafiać dane o historii i genealogii produktów i informacje o jakości, a z CRM można uzyskiwać informacje o reklamacjach i problemach z produktami.

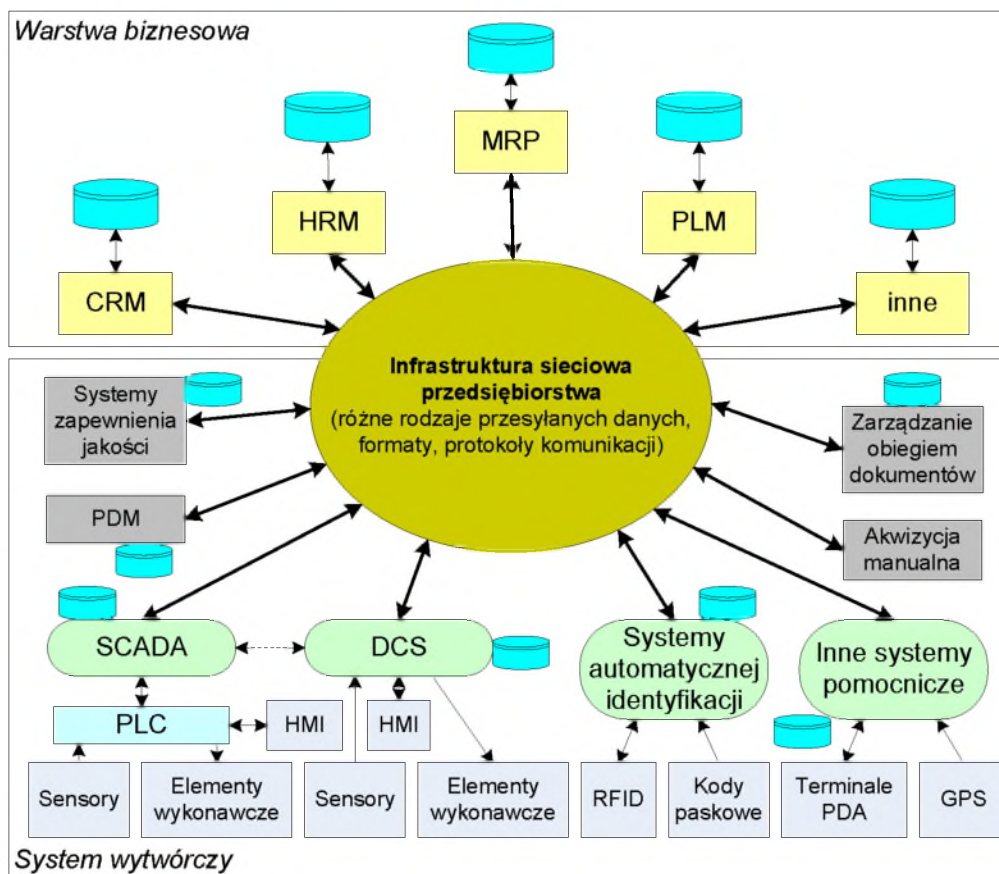
Rozwój systemów MES jest wspierany przez organizację MESA International (ang. *Manufacturing Execution Solutions Association*), która sformułowała 11 funkcji, które powinny być realizowane przez oprogramowanie MES [6]. Są to: przydział i kontrola statusu zasobów produkcyjnych, harmonogramowanie operacji, akwizycja danych, zarządzanie ruchem produktów, obiegiem dokumentów, pracownikami, jakością, procesem i remontami, śledzenie i genealogia produktów oraz analiza wydajności.

Zastosowanie systemu MES w przedsiębiorstwie powinno dać takie efekty, jak: zmniejszenie liczby braków produkcyjnych, poprawa jakości, łatwe uzyskanie informacji pozwalających na usprawnienie procesu produkcyjnego, wzrost wydajności, rozszerzenie możliwości śledzenia produktu, redukcja dokumentacji papierowej i umożliwienie automatycznego prowadzenia typowych obliczeń (np. OEE) [5]. Systemy MES najczęściej implementowane są w dużych przedsiębiorstwach, w których większość procesów technologicznych jest zautomatyzowana [12], jednak spotykane są próby wdrożenia MES w przedsiębiorstwach zautomatyzowanych w niewielkim stopniu, gdzie głównym źródłem danych pozostaje załoga [9].

3.2.2 Integracja systemów informatycznych w przedsiębiorstwach

Współczesne przedsiębiorstwo stanowi system hybrydowy, w którym muszą współistnieć różne rozwiązania – dostępne jest wiele różnych rodzajów źródeł danych o stanie systemu produkcyjnego, spotykane są sieci przesyłania danych, pracujące zgodnie z różnymi standardami, pochodzące od różnych dostawców i z różnych okresów czasu. Czasami brak jest dokumentacji używanych rozwiązań, są one przestarzałe lub zastosowano systemy zamknięte, trudne i kosztowne w modernizacji. Systemy komputerowe stosowane w poszczególnych działach i warstwach przedsiębiorstwa zakupiono w różnych okresach i od różnych dostawców, zastosowano w nich niekompatybilne technologie, w wielu przypadkach rozwiązania standardowe były rozbudowywane w celu zwiększenia funkcjonalności [1].

Rzeczywista struktura organizacyjna i rozwiązania stosowane w przedsiębiorstwach stanowią często konglomerat rozwiązań, wyposażonych we własne bazy danych, pełniących różne funkcje i powstałych z różnych okresach działania przedsiębiorstwa (rys. 3.3). Struktura taka znacząco utrudnia efektywne działanie przedsiębiorstwa i jest nieporządana.

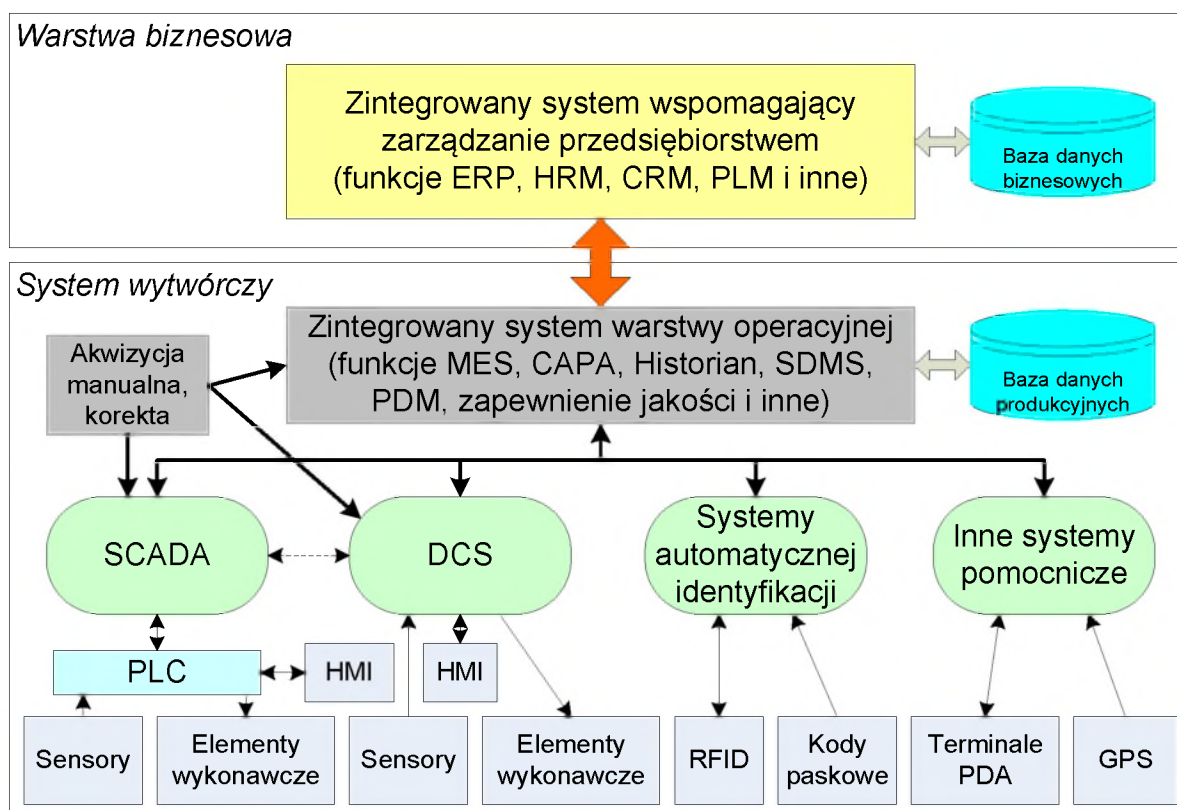


Rys. 3.3 Powiązania systemów informatycznych w przedsiębiorstwie

Istnieje więc potrzeba uporządkowania struktury organizacyjnej i informacyjnej przedsiębiorstwa. Dla sprawnego działania firmy wymagana jest zarówno integracja pozioma, między systemami tej samej warstwy, jak również pionowa, między różnymi warstwami. Systemy klasy MES są często wymieniane jako główny środek tej integracji. Pożądaną strukturę przedsiębiorstwa, zintegrowanego w oparciu o system warstwy produkcyjnej (np. MES) przedstawiono na rys. 3.4.

Integracja istniejących systemów i budowa oprogramowania warstwy pośredniej niesie wiele wyzwań, wynikających z interdyscyplinarności. W systemie takim reprezentowane są zagadnienia, wchodzące w zakres kompetencji pracowników różnych specjalności (operatorzy maszyn, inżynierowie procesowi, kierownicy wydziałów produkcyjnych, planiści i kadra zarządzająca odpowiedzialna za decyzje biznesowe, informatycy zakładowi, informatycy tworzący oprogramowanie MES i inni). Dokumenty określające zapotrzebowanie, oczekiwane cechy i algorytmy działania podsystemów, generowane podczas integracji systemów przez poszczególnych fachowców, mogą nie być zrozumiałe dla innych uczestników projektu. Istnieje więc potrzeba usystematyzowania nie tylko samej

wiedzy, ale także sposobów jej zapisu, który powinien być zrozumiały dla wszystkich uczestników wdrożenia rozwiązań integracyjnych [17].



Rys. 3.4 Pożądaný schemat integracji systemów przedsiębiorstwa

3.2.3 Klasyfikacja systemów produkcyjnych ze względu na zagrożenia akwizycji danych

Charakterystyka systemów i procesów produkcyjnych ma bardzo duże znaczenie ze względu na kwestie integracji i akwizycji danych. Cechy procesów wytwórczych są różne w poszczególnych gałęziach lub branżach przemysłu, ponieważ różne są uzyskiwane produkty i technologie ich wytwarzania. Procesy produkcyjne mogą być klasyfikowane według takich kryteriów, jak: ciągłość i przebieg w czasie, rodzaje stosowanych technologii, cechy organizacyjne oraz stosowane środki pracy [4, 5, 10, 11, 15].

W celu uwzględnienia zagadnień integracji systemów informatycznych i akwizycji danych z systemów produkcyjnych, można zaproponować trzy inne układy klasyfikacji: ze względu na kryteria stopnia automatyzacji, rozległości systemu produkcyjnego oraz szybkości przebiegu procesów (częstotliwości zachodzenia zdarzeń).

Ze względu na **kryterium stopnia automatyzacji procesów** (lub możliwości zastosowania) można wskazać następujące rodzaje systemów produkcyjnych:

- *System zautomatyzowany z wykorzystaniem nowoczesnych układów sterowania* (wyposażonych w interfejsy sieciowe, stosujących współczesne standardy programowania i komunikacji) – niezależnie od tego, czy sterowany proces produkcyjny może być traktowany jako ciągły, czy też dyskretny, system produkcyjny jest wyposażony w układy

sensoryczne, potrzebne do sterowania w zamkniętej pętli. Dane potrzebne dla integracji systemów przedsiębiorstwa są więc już w większości zbierane w celu sterowania procesem – należy jedynie uzyskać do nich dostęp, wstępnie przetworzyć i przesłać do systemów wyższej warstwy przedsiębiorstwa. W systemach tych problemem może być nadmierna ilość danych, która dla potrzeb systemów biznesowych powinna być zredukowana.

- *System zautomatyzowany z wykorzystaniem starszych typów układów sterowania* (bez interfejsów sieciowych, często automatyzacja sztywna) – posiada podobne cechy jak poprzedni rodzaj systemów, może być źródłem danych po modernizacji układów sterowania, instalacji interfejsów i sieci komunikacyjnych. Często wskazana jest także instalacja dodatkowych układów sensorycznych i pomiarowych oraz systemów automatycznej identyfikacji.
- *System produkcyjny zmechanizowany ale nie zautomatyzowany* – w celu zbierania danych z takiego systemu konieczne jest zainstalowanie układów sensorycznych i systemów automatycznej identyfikacji (kody paskowe, RFID lub inne), często wymagane jest też zastosowanie systemów umożliwiających monitoring działań pracowników, maszyn lub pojazdów. Budowa sprawnego systemu akwizycji może być trudna i kosztowna.
- *System w którym przeważają operacje wykonywane manualnie* – w tego rodzaju systemach najczęściej trzeba obecnie polegać na informacjach, dotyczących stopnia realizacji zadań, zużycia materiałów i zaangażowanych pracowników, przekazywanych przez osoby bezpośrednio ich nadzorujące lub samych pracowników. W tym przypadku zorganizowanie efektywnego systemu automatycznej akwizycji danych może być kosztowne, ponieważ trzeba budować go od podstaw, dostosowując do warunków danego procesu wytwórczego.

Celowe jest też klasyfikowanie procesów według **szybkości przebiegu** (częstotliwości zachodzenia w nich zdarzeń lub zjawisk). Można tu wyróżnić procesy:

- *szybkie* – w ciągu sekundy może dochodzić do tysięcy, a nawet dziesiątek tysięcy zdarzeń (zmian stanu parametrów procesu), w przypadku sterowania automatycznego konieczne są najwydajniejsze wersje sterowników przemysłowych i sieci, akwizycja i przesył danych dla potrzeb systemów biznesowych odbywa się z niższym priorytetem niż zbieranie danych dla potrzeb sterowania procesem,
- *średniej prędkości* – liczba zdarzeń jest niższa, nie występuje istotna potrzeba różnego traktowania ruchu sieciowego dla potrzeb sterowania i akwizycji danych,
- *wolne* – zmiany (zdarzenia) następują z niewielką prędkością ze względu bezwładność elementów procesu lub długie czasy wykonania operacji w procesach dyskretnych (operacje trwające od kilkadziesiąt minut do wielu godzin), można stosować powszechnie dostępne rozwiązania i infrastrukturę komunikacyjną, możliwe jest pozostawienie w systemie akwizycji człowieka (operatora maszyny, wykonawcy operacji) w charakterze źródła danych.

Kolejnym istotnym kryterium podziału może być **rozległość systemu wytwórczego**, z którego należy zbierać dane. Warunkuje ona między innymi stosowane rozwiązania komunikacyjne. Można wskazać następujące warianty systemów [7, 13, 14]:

- *Lokalne* – cały system wytwórczy mieści się w jednym budynku, odległości między elementami nie przekraczają kilkudziesięciu – kilkuset metrów. Nie ma potrzeby stosowania zaawansowanych i drogiej rozwiązań do przesyłania danych, niewielkie jest zagrożenie bezpieczeństwa komunikacji.
- *Średnio rozległe* – składają się z wielu obiektów, zlokalizowanych na terenie zamkniętego obszaru zakładu. Konieczne jest stosowanie bardziej zaawansowanych technik łączności (zwłaszcza w przypadku konieczności transmisji danych sterujących szybko przebiegającymi procesami), takich jak szybkie sieci polowe.
- *Rozległe* – składające się z wielu obiektów, mogących znajdować się w znacznej odległości od głównego zakładu, koordynującego ich działalność. W tej kategorii mieszczą się przedsiębiorstwa posiadające wiele zakładów bądź oddziałów, a także sieci dystrybucyjne i logistyczne. Systemy takie mogą mieć zasięg krajowy, międzynarodowy lub nawet globalny. Przesyłane informacje rzadko mają charakter danych sterujących procesami (wyjątkiem jest sterowanie rozległymi sieciami przesyłowymi energii elektrycznej i innych mediów) – służą one raczej koordynacji pracy elementów systemu, nie mają charakteru danych czasowo-krytycznych. Do przesyłania danych mogą być wykorzystywane rozwiązania dedykowane (własne sieci komunikacyjne radiowe, światłowodowe, satelitarne, linie telekomunikacyjne dzierżawione itp.) lub publiczne (Internet, sieć telefoniczna), bardziej narażone na zagrożenia różnego rodzaju (trudność zachowania poufności i integralności danych, zagrożenie atakami hackerskimi).

Wszystkie wymienione klasyfikacje procesów produkcyjnych ułatwiają rozpoznanie potrzeb i dobór odpowiednich rozwiązań podczas tworzenia systemu akwizycji informacji produkcyjnych.

3.3 AKWIZYCJA DANYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Na podstawie analizy potrzeb systemów ERP i MES, można wymienić rodzaje danych, które powinny być zbierane z systemów produkcyjnych w celu wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem [8]:

- dane o stanie maszyn i urządzeń – stopień wykorzystania maszyn, przestoje, awarie, alarmy i ich przyczyny, wydajność osiągnięta przez maszynę itp.,
- dane o zadaniach wykonywanych w systemie – stopień zaawansowania wykonania zleceń, czas do ukończenia, napotkane problemy,
- dane o przepływie materiałów, części, produkcji w toku i gotowych produktów przez system wytwórczy – zużycie materiałów i komponentów, lokalizacja obiektów w systemie produkcyjnym lub w magazynach,
- dane o pracownikach – lokalizacja, rodzaj wykonywanych czynności, rejestracja pracy ręcznej, napotkane przez pracownika problemy,
- dane o jakości wytwarzanych wyrobów.

Źródła danych ujęte w struktury systemu akwizycji powinny zapewnić w miarę możliwości automatyczny (nie wymagający zaangażowania pracownika) dopływ tych danych.

Dane są zbierane w systemach produkcyjnych dla różnych zastosowań. Systemy umożliwiające akwizycję danych są już często zainstalowane i istnieje potencjalna możliwość

wykorzystania pozyskanych danych do innych niż pierwotne zastosowań. Oprócz zadania wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem, można wskazać dwa główne cele zbierania danych w systemie produkcyjnym, które można w pewnych warunkach wykorzystać też do zarządzania: sterowanie procesami zautomatyzowanymi oraz diagnostyka urządzeń.

Specyfikę różnych zastosowań danych zestawiono w tabeli 3.1 i opisano w kolejnych podrozdziałach.

Tabela 3.1 Charakterystyka zastosowań danych zbieranych z systemu wytwórczego

| Cecha | Zastosowanie zebranych danych | | |
|--|---|---|--|
| | sterowanie procesami zautomatyzowanymi | wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem | diagnostyka maszyn i urządzeń |
| Stosowane sensory i inne źródła danych | Sensory automatyki przemysłowej, układy wykonawcze, urządzenia pomiarowe, sterowniki | Sensory automatyki przemysłowej, systemy automatycznej identyfikacji, sterowniki, SCADA, itp. | Specjalne czujniki przetworniki pomiarowe, dodatkowo dane z układów automatyki |
| Typ danych | Dane proste z sensorów (analogowe, binarne), liczby, łańcuchy znaków | Dane z sensorów (analogowe, binarne), zmienne procesowe PLC, sygnały sterujące, dane złożone (ciągi liczb lub znaków) | Dane z sensorów analogowych, konwersja analogowo-cyfrowa odbywa się blisko komputera analizującego sygnały |
| Wymagana rozdzielczość czasowa | Milisekundy, sekundy lub minuty | Sekundy, Minuty, godziny, zmiany produkcyjne | Milisekundy, sekundy |
| Transmisja danych | Specjalne interfejsy, sieci polowe, sieci przemysłowe Ethernet | Standardowe rozwiązania komunikacyjne (Ethernet), sieci polowe | Specjalne przetworniki pomiarowe i interfejsy |
| Tolerancja na opóźnienia komunikacji | Brak tolerancji, w przypadku, częsta konieczność redundancji | Opóźnienia w komunikacji (rzędu sekund, minut) nie są poważnym problemem | Opóźnienia nie są problemem przy analizie w trybie off-line |
| Sposób przetwarzania danych | Przetwarzanie danych na sygnały sterujące w czasie rzeczywistym, bezpośrednio w sterownikach PLC, DCS lub SCADA | Dane mogą być przesyłane w postaci surowej lub wstępnie obrabiane, główny etap obróbki w systemach MES, ERP i innych | Dane są przetwarzane zaawansowanymi metodami - analiza matematyczna, metody sztucznej inteligencji, logika rozmyta |
| Wymagania archiwizacji | Czasem występuje potrzeba archiwizacji | Konieczna archiwizacja – jest to podstawa działania systemów MES | Archiwizacja w celu porównania z kolejnymi seriami pomiarów |
| Zasięg systemu akwizycji | Obejmuje jedynie zautomatyzowaną część systemu wytwórczego | Powinna obejmować cały system produkcyjny | Obejmuje pojedyncze maszyny, zwykle pełniące ważne funkcje |
| Charakter instalacji | Stały | Stały | Tymczasowy lub stały |

3.3.1 Akwizycja danych dla potrzeb sterowania procesami

Głównym zastosowaniem danych zbieranych w typowym zautomatyzowanym systemie produkcyjnym jest sterowanie procesami technologicznymi – dane te umożliwiają prawidłowe sterowanie procesem (realizowane zwykle przez sterowniki PLC lub DCS), stanowiąc źródło informacji zwrotnej o stanie sterowanego procesu i jego reakcjach na impulsy sterujące. Sensory są instalowane w istotnych punktach systemu i samych maszynach. Dane mogą być typu prostego (analogowe, binarne) lub złożonego (liczby będące wynikami pomiarów, ciągi znaków pobrane z systemów automatycznej identyfikacji i inne).

W przypadku sterowania szybko przebiegającymi procesami istnieje potrzeba zbierania danych z wysoką (często nawet milisekundową) rozdzielczością czasową, a tolerancja na opóźnienia w komunikacji jest niewielka. Jeszcze mniejsza może być tolerancja na zanik łączności sensora z układem sterowania, co może powodować alarm, zatrzymanie procesu i wywołanie procedur awaryjnych. W szczególnie ważnych (np. stwarzających zagrożenie dla otoczenia) procesach stosowana jest redundancja sensorów, łącz komunikacyjnych, a nawet sterowników. Archiwizacja zwykle nie jest konieczna ze względu na samo sterowanie procesem, często jednak istnieją inne przyczyny (np. regulacje prawne), powodujące konieczność archiwizacji wybranych lub wszystkich danych, co powoduje powstawanie ogromnych zbiorów danych. Sygnały z sensorów są analizowane przez układy sterujące (PLC, DCS) i na tej podstawie generowane są sygnały sterujące, jednak ze względu na konieczność pracy w czasie rzeczywistym nie są to zwykle zbyt skomplikowane obliczenia. Sensory potrzebne do sterowania procesem są instalowane na stałe we wszystkich urządzeniach, które obejmuje dany system sterowania, co często może oznaczać objęcie siecią sensorów całego systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa. Do podłączania sensorów systemu sterowania stosowane są dedykowane przemysłowe rozwiązania (sieci polowe *fieldbus*), możliwe jest także wykorzystanie standardowych sieci Ethernet.

3.3.2 Akwizycja danych dla potrzeb diagnostyki urządzeń

Akwizycja danych dla potrzeb diagnostyki maszyn i urządzeń może odbywać się częściowo z zastosowaniem czujników zainstalowanych w celu umożliwienia sterowania procesem, jednak najczęściej instalowane są dodatkowe, specjalne czujniki. Najczęściej są to czujniki analogowe wysokiej klasy, a konwersja analogowo cyfrowa i inne rodzaje wstępnej obróbki sygnału są realizowane w interfejsach komputera, dedykowanego do zadań diagnostycznych. Wymagana rozdzielczość czasowa danych pobieranych z czujników jest zwykle wysoka, opóźnienia w komunikacji nie są jednak groźne jeśli tylko dane zostały ostatecznie przesłane i zarchiwizowane. Systemy diagnostyki nie muszą pracować w czasie rzeczywistym (oprócz systemów autodiagnostyki cały czas monitorujących stan maszyny), co pozwala na stosowanie bardzo zaawansowanych, czasochłonnych i wymagających wysokiej mocy obliczeniowej technik obróbki sygnału. Dane zwykle są archiwizowane by umożliwić porównywanie danych historycznych z bieżącymi. Czujniki układu diagnostyki mogą być zainstalowane na stałe lub tymczasowo, w celu przeprowadzenia cyklu badań. Są zwykle podłączane bezpośrednio do komputera, służącego do analizy sygnałów. Systemem diagnostyki najczęściej objęte są pojedyncze, szczególnie ważne maszyny, ma on umożliwiać ich bezproblemową eksploatację oraz dokonywanie akcji korekcyjnych i prowadzenie remontów wtedy, gdy zaistnieje taka potrzeba, a nie zgodnie z ustalonym wcześniej planem.

Systemy diagnostyczne mogą działać niezależnie od systemów sterowania, coraz częściej jednak te grupy systemów mogą się komunikować, co umożliwia bardziej efektywną i bezpieczniejszą eksploatację urządzeń.

3.3.3 Akwizycja danych dla potrzeb zarządzania

Gdy zachodzi potrzeba budowy systemu akwizycji danych dla wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem w systemach MES i ERP, w zautomatyzowanych systemach

produkcyjnych można wykorzystać istniejące sensory i magistrale komunikacyjne, używane do sterowania procesem. Aby umożliwić sprawne wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem są jednak potrzebne dodatkowe źródła danych, dostarczające informacji niedostępnych w układach automatyki. Oznacza to konieczność tworzenia systemu, umożliwiającego zbieranie wymaganych danych, który w przypadku procesu niezautomatyzowanego może stanowić jedyne źródło danych. Informacje mogą być pobierane z systemu wytwórczego jako surowe dane procesowe lub zmienne przetworzone przez sterowniki lub sygnały sterujące generowane przez układy sterowania. Mają one zwykle postać binarną lub cyfrową. Pojawiają się także dane złożone (ciągi liczb lub znaków) pochodzące z systemów automatycznej identyfikacji, urządzeń pomiarowych, urządzeń mobilnych, wprowadzane przez operatorów lub pochodzące z innych źródeł. Dane analogowe nie pojawiają się, ponieważ konwersja analogowo – cyfrowa następuje w samych czujnikach, interfejsach pomiarowych lub sterownikach.

Dane potrzebne do wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem powinny być dostępne jak najszybciej, jednak ich transmisja z układów sterowania nie może zakłócać działania systemu sterowania. W przeciwieństwie do danych sterujących, tolerancja na opóźnienia w transmisji lub jej zaniki jest wysoka (nie ma zagrożenia spowodowania katastrofy technicznej), jednak w przypadku zaniku komunikacji i utraty części danych braki powinny być uzupełnione, co zwykle wymaga interwencji operatora.

Dane powinny podlegać wstępnej obróbce (redukcja) i archiwizacji, ponieważ znaczna część funkcji systemów MES opiera się na analizie danych historycznych. Ze względu na powstające duże zbiory danych zachodzi potrzeba kompresji i eliminacji nadmiarowych danych. System akwizycji danych dla potrzeb zarządzania powinien być bardziej rozległy niż dla potrzeb sterowania i obejmować także niezautomatyzowane obszary przedsiębiorstwa. Można tu stosować takie rozwiązania, jak automatyczna akwizycja przez kody paskowe, RFID, systemy wizyjne, GPS i inne. Bardziej rozbudowana musi być także sieć komunikacyjna, umożliwiająca podłączenie nie tylko wielu urządzeń stacjonarnych, ale często także mobilnych. Ze względu na brak potrzeby pracy w czasie rzeczywistym milisekundowym można korzystać z powszechnie dostępnych rozwiązań (Ethernet, WiFi, GSM/GPRS). Elementy systemu akwizycji są instalowane na stałe, często w systemie pojawiają się także urządzenia mobilne (komputery przenośne, terminale PDA, smartfony, tablety, skanery kodów paskowych i RFID).

Charakterystyki działania systemów sterowania i systemów biznesowych są różne – w układach sterowania ważne jest działanie bez przerw w czasie rzeczywistym, a w systemach biznesowych prowadzone są operacje na dużych zbiorach danych, w których należy wychwycić zjawiska zachodzące w skali globalnej [8].

Dla potrzeb wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem nie jest konieczne działanie systemu akwizycji w czasie rzeczywistym milisekundowym, traktowanym często jako warunek poprawnej pracy układów sterowania. Cechy najważniejsze dla prawidłowej i skutecznej akwizycji danych to zapewnienie spójności zbieranych danych i umożliwienie efektywnego dostępu do informacji oraz zachowanie chronologii rejestrowanych zdarzeń.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza różnorodnych systemów produkcyjnych oraz specyfiki akwizycji danych dla różnych zastosowań pozwoliła na zidentyfikowanie potrzeb i ograniczeń w zakresie akwizycji danych produkcyjnych. Generalnie można stwierdzić, że im proces produkcyjny jest bardziej uporządkowany, w mniejszym stopniu oparty na pracy fizycznej, a zmiany zachodzą wolniej, tym łatwiejsze i tańsze będzie utworzenie systemu automatycznej akwizycji informacji produkcyjnych.

Analiza możliwości akwizycji danych w przedsiębiorstwach prowadzi do sformułowania warunków, które powinien spełniać system produkcyjny w celu łatwej akwizycji danych:

- znaczny stopień automatyzacji procesów produkcyjnych, wdrożenie systemów SCADA,
- prowadzenie procesów ciągłych lub wsadowych bądź produkcja dyskretna na dużą skalę (wielkoseryjna lub masowa) przy małej zmienności asortymentu i zleceń,
- przebieg procesu ustalony lub zmienny w określonych granicach, a zmiany zachodzą zgodnie z ustalonymi zasadami,
- pracownicy pozostają przez większą część czasu pracy na swoich stanowiskach,
- urządzenia produkcyjne nie przemieszczają się lub przemieszczają w niewielkim obszarze i po ustalonych trasach,
- obiekty i stanowiska pracy nie są od siebie nadmiernie oddalone, są zlokalizowane na terenie zamkniętego zakładu lub wydziału.

Gdy te warunki są spełnione, w większości przypadków wystarczy włączyć w system akwizycji danych dla potrzeb zarządzania urządzenia automatyki przemysłowej oraz systemy automatycznej identyfikacji. Często jednak w praktyce występują sytuacje, gdy przynajmniej część z tych warunków nie jest spełniona. Zachodzi wtedy potrzeba równoczesnego stosowania kilku rozwiązań, ich modyfikacji bądź zastosowania zupełnie innych metod.

Problemy z akwizycją danych często są związane z koniecznością manualnego pozyskiwania danych od pracowników, co skutkuje znacznym opóźnieniem w dostępie do danych i niską ich wiarygodnością.

LITERATURA

1. Aurin O., Himstedt S., Zobel J.: Fast track shop floor integration and central electronic batch reporting in a new pharmaceutical manufacturing facility. ATP International, 5 (2007), No. 1, pp. 12-17.
2. Bahl S., Venkatesh R.S., Craik J., Bedi R., Uriarte H.: Requirement specifications for an enterprise level collaborative, data collection, quality management and manufacturing tool for an EMS provider. Electronics Manufacturing Technology Symposium, 2002. IEMT 2002. 27th Annual IEEE/SEMI International, 2002, pp. 140-148.
3. Banaszak Z., Kłós S., Młeczko J.: Zintegrowane systemy zarządzania. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2011.
4. Barczyk J.: Automatyzacja procesów dyskretnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

5. Brennan M.: MES Integration to Automation - The Benefits. Collaborative Approach to Integrating Business and Manufacturing Systems, The Institution of Engineering and Technology Tutorial Seminar on a, 2007, pp. 23-41.
6. Cottyn J., Van Landeghem H., Stockman K., Derammelaere S.: The combined adoption of production IT and strategic initiatives - Initial considerations for a Lean MES analysis. Computers & Industrial Engineering, 2009. CIE 2009. International Conference on, pp. 1629-1634.
7. Cupek R.: Akwizycja danych w systemach przemysłowych. Napędy i Sterowanie, 4 (2008), s. 48-54.
8. Ćwikła G.: Elementy i systemy umożliwiające pozyskiwanie, analizę i prezentację danych produkcyjnych. Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Tom I. Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole 2012, str. 780-789.
9. Ćwikła, G., Kalinowski, K.: Proficy Plant Applications jako przykład oprogramowania klasy MES. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, Tom I. Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole 2008, str. 212-221.
10. Georgoudakis M., Alexakos C., Kalogeras A., Gialelis J.: Decentralized Production control through ANSI/ISA-95 - based ontology and agents. Factory Communication Systems, 2006 IEEE International Workshop on, pp. 374-379.
11. Jai-Kyung Lee, Seung Woo Lee, So Jeong Nam, Jong Kweon Park: Design of the Equipment Information Acquisition System for re-configurable and flexible shop floor. Computers and Industrial Engineering (CIE), 2010 40th International Conference on, pp. 1-5.
12. Jaworska E.: Most łączący biznes z automatyką. Raport MSI: Rynek systemów MES, SCADA, HMI w Polsce, Trade Media International Polska, 2/2009, s. 1-6.
13. Pająk E.: Zarządzanie produkcją. PWN, Warszawa 2007.
14. Postół M.: Large scale distributed process and business management integration. 14th International Congress of Cybernetics and System of WOSC, Wrocław, 2008, pp. 632-642.
15. Skura K., Smalec Z.: Integracja systemów informatycznych w automatyzacji procesów produkcyjnych. Pomiary Automatyka Robotyka, 7-8/2005, s. 6-11.
16. Wei Feng, Yalin Mo, Zhang Jing: Research on the Functional Scheme of Lean MES System. Computer Science and Information Engineering, 2009 WRI World Congress on, Vol. 1, pp. 760-764.
17. Witsch M., Vogel-Heuser B.: Towards a Formal Specification Framework for Manufacturing Execution Systems. Industrial Informatics, IEEE Transactions on, Vol. 8, Iss. 2, pp. 311-320.
18. Younus M., Peiyong C., Lu Hu, Fan Yuqing: MES Development and Significant Applications in Manufacturing -A Review. Education Technology and Computer (ICETC), 2010 2nd International Conference on, Vol. 5, pp. 97-101.

CHARAKTERYSTYKA AKWIZYCJI DANYCH Z SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH DLA POTRZEB ZARZĄDZANIA PRZEDSIĘBIORSTWEM

Streszczenie: *Artykuł przedstawia problematykę akwizycji danych z różnego rodzaju systemów produkcyjnych dla potrzeb zarządzania przedsiębiorstwem. W typowych przedsiębiorstwach produkcyjnych dane są zbierane dla różnych zastosowań, takich jak sterowanie przebiegiem zautomatyzowanych procesów technologicznych, prowadzenie diagnostyki maszyn, urządzeń i procesów oraz zarządzanie przedsiębiorstwem. W artykule syntetycznie przedstawiono specyfikę tych zastosowań. Omówiono także zagadnienia związane z wykorzystaniem informacji z systemów produkcyjnych w systemach klasy MES oraz ERP, a także klasyfikację systemów produkcyjnych.*

Słowa kluczowe: *akwizycja danych, MES, ERP, automatyka, SCADA, diagnostyka*

CHARACTERISTICS OF DATA ACQUISITION FROM PRODUCTION SYSTEMS FOR MANAGEMENT PURPOSES

Abstract: *The article presents the issues of data acquisition from different types of production systems for the management of the company. In a typical manufacturing companies data is collected for a variety of applications, such as control over the automated processes, diagnostics of machines, equipment and processes, and production management. This paper synthetically presents the specific characteristics of these applications. Issues related to the use of data from manufacturing systems in the MES and ERP systems are also discussed as well as classification of production systems.*

Key words: *data acquisition, MES, ERP, automation, SCADA, diagnostics*

dr inż. Grzegorz ĆWIKŁA, prof. dr hab. inż. Bożena SKOŁUD
Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny
Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice
e-mail: grzegorz.cwikla@polsl.pl, bozena.skolud@polsl.pl