



# Implementacja systemu zarządzania procesem produkcji

Wiesław Tarczyński, Ryszard Kopka

Instytut Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono przykład warstwowego systemu zarządzania i kontroli procesu produkcyjnego zaimplementowanego w zakładzie produkującym wyroby metalowe. System łączy nowoczesne rozwiązania branży informatycznej, automatyki i metrologii. Procedury pomiarowe, wymagane na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych, wykonywane są zgodnie z pobranym z serwera algorytmem danego fragmentu procesu technologicznego, a wyniki pomiarów, wykonywanych przy pomocy cyfrowych przyrządów pomiarowych, przez łącza komunikacyjne przesyłane są do sterownika PLC. Bazując na serwerach OPC są następnie przesyłane i gromadzone w systemach baz danych na komputerach klasy PC. Takie rozwiązanie pozwala na elastyczne zarządzanie, sterowanie i prowadzenie kontroli nad procesem produkcji, szybką implementację zmian procesu oraz automatyczną i ciągłą kontrolę jakości produktu. W artykule opisano zastosowane sposoby wymiany danych sterujących i pomiarowych, strukturę logiczną opartą o serwery OPC, protokoły komunikacyjne poszczególnych warstw oraz zastosowane rozwiązania sprzętowe i programowe systemu.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie procesem produkcji, kontrola produkcji, systemy sterowania, systemy pomiarowe

## 1. Wprowadzenie

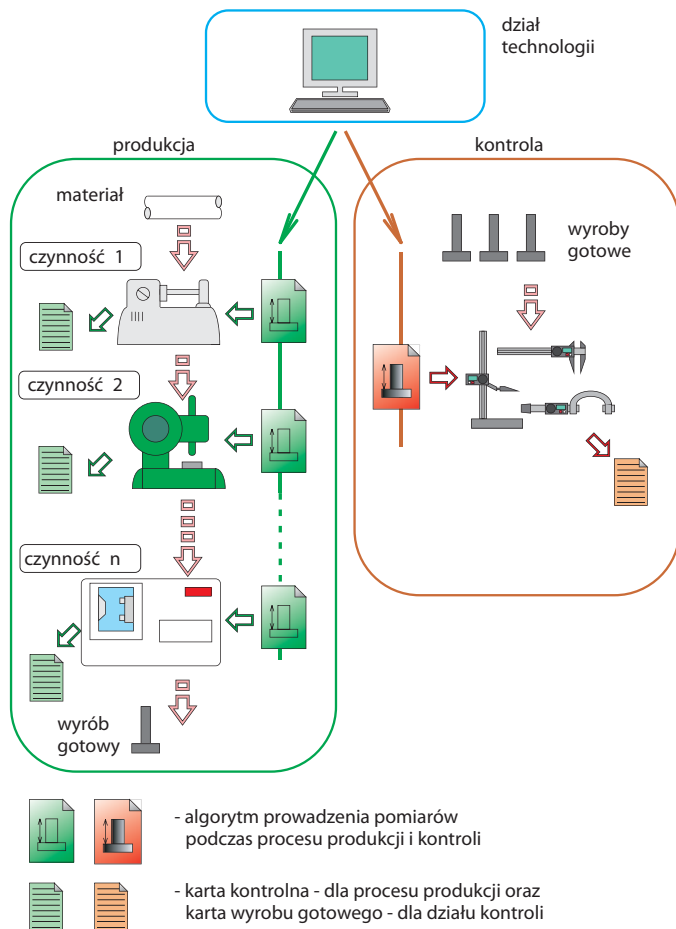
Ogromny rozwój technologiczny w zakresie programowalnych układów sterowania oraz rozwiązań informatycznych dedykowanych procesom przemysłowym, pozwala na implementację zaawansowanych procedur sterowania jak i zarządzania produkcją we współczesnych zakładach. Zaawansowane systemy informatyczne oparte na dedykowanych bazach danych oraz wykorzystujące własności transmisyjne sieci Ethernet, pozwalają na budowę inteligentnych systemów zarządzania i sterowania procesem produkcji, zapewniając przy tym jednocześnie jego ciągłą kontrolę. Właściwości rozwiązań sieciowych, stanowiących podstawę funkcjonowania takiego systemu, dopasowane są do żądań stawianych poszczególnym warstwom systemu, zarówno w zakresie ilości przesyłanych danych, jak i szybkości reakcji na występujące zdarzenia [2, 7].

## 2. Organizacja procesu produkcji

Produkcja różnego rodzaju wyrobów przemysłowych związana jest z wykonywaniem na materiale wejściowym pewnych czynności. Każda taka czynność, wykonywana na oddzielnym stanowisku produkcyjnym, wymaga z kolei prowadzenia pewnych działań kontrolujących poprawność jej wykonania. W przypadku produkcji wyrobów metalowych na automatach tokarskich lub obrabiarkach CNC, kontrola związana jest głównie z prowadzeniem pomiarów przy pomocy różnych przyrządów pomiarowych, jak suwmiarki, wysokościomierze, średnicówki itp. Każda czynność wymaga prowadzenia innych działań technologicznych, prowadzenia innych pomiarów kontrolnych przy pomocy różnych narzędzi pomiarowych i innej ich liczby, również z różną częstotliwością. Przygotowanie procesu produkcji jednego wyrobu wymaga od działu technologii, opracowania szczegółowej dokumentacji technicznej, dla każdej występującej w procesie produkcji czynności i dla każdego stanowiska pracy, zawierającej potrzebne przyrządy pomiarowe, algorytmy prowadzenia pomiarów, dokumentacji, rysunków technicznych wraz z naniesionymi wartościami nominalnymi i tolerancją. Wszystko to, w wersji papierowej, trafia na stanowisko produkcyjne, a pracownik w czasie produkcji, zapisuje otrzymane wyniki i na ich podstawie kontroluje poprawność procesu.

Oddzielnym zadaniem jest przygotowanie dokumentacji dla wyrobu gotowego. Do działu kontroli trafia już gotowy wyrób i tu po raz kolejny sprawdzane są i mierzone wybrane wymiary, określone w dokumentacji zamawiającego, na losowo przygotowanej próbce wyrobów. Schemat organizacji procesu produkcji w przykładowym zakładzie przemysłowym przedstawiono na rys. 1.

Dotychczasowe rozwiązania stosowane w zakładach pracy polegają głównie na zapisywaniu przez pracowników uzyskanych wyników na papierowych kartach kontrolnych. Metoda ta absorbuje bardzo dużo czasu pracownika, często wyniki są błędnie odczytywane i zapisywane, często niewłaściwie zaokrąglane, a otrzymywane na ich podstawie statystyki nieprawdziwe. Prowadzenie zapisów papierowych utrudniają również warunki produkcji. W przemyśle metalowym do chłodzenia procesów wiercenia, cięcia czy



**Rys. 1.** Schemat organizacji procesu produkcji  
**Fig. 1.** Diagram of the organization of the production process

toczenia używane są różnego rodzaju ciekłe chłodziwa, co powoduje, że wyroby są mokre, tłuste, często oklejone opiłkami metalu. Pomimo osuszania i wycierania, zabrudzenia te przenoszone są na papierowe karty kontrolne, czyniąc je mało czytelnymi lub je uszkadzając.

Rozwiązaniem tych problemów mogą być systemy wykorzystujące nowoczesne narzędzia informatyczne oraz zaawansowane rozwiązania sprzętowe. Pozwalają one na całkowite wyeliminowanie z procesu produkcji papierowej dokumentacji technicznej oraz konieczności odczytywania przez pracowników wyników pomiarów i prowadzenia obliczeń wartości wskaźników kontroli jakości procesu. Wszystkie wymagane przez pracownika informacje mogą być wyświetlane na monitorze na stanowisku pracy, a uzyskiwane pomiary automatycznie odczytywane i archiwizowane w systemach baz danych. Na ich podstawie mogą być prowadzone obliczenia wskaźników jakości, a wyniki wyświetlane na ekranie pozwolą na ciągłą obserwację i kontrolę procesu produkcji.

### 3. Budowa systemu zarządzania

Współczesne systemy zarządzania procesem produkcji realizowane są w oparciu o tzw. model warstwowy auto-

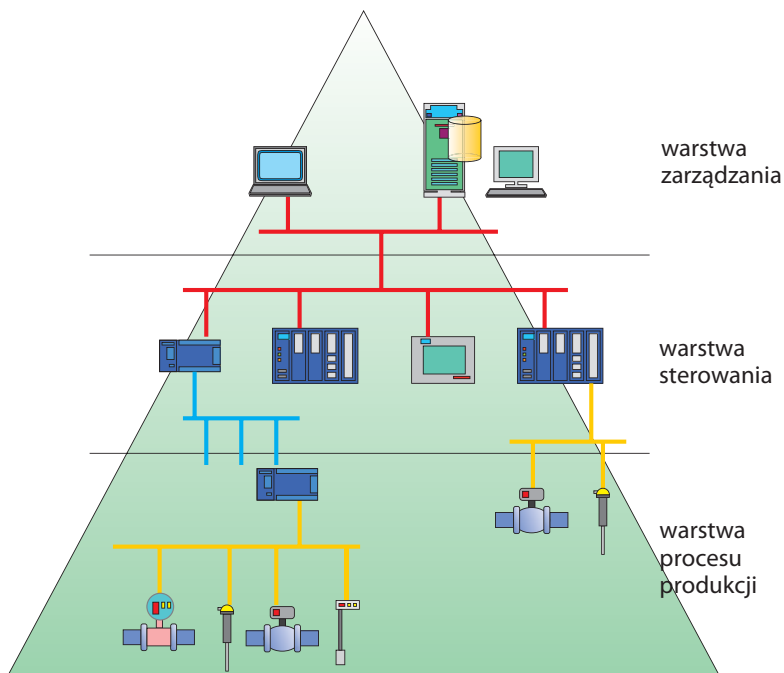
matyzacji przedsiębiorstwa [2, 5]. W modelu tym, decyzje ogólne dotyczące wyboru wytwarzanego produktu, jego ilości oraz jakości podejmowane są na poziomie warstwy zarządzania. Decyzje te, w kolejnych niższych warstwach: warstwie sterowania i warstwie procesu produkcji, przetwarzane są na decyzje szczegółowe organizujące podjęcie i utrzymanie produkcji. Przykładową budowę takiego modelu przedstawiono na rys. 2.

W związku z różnymi funkcjami, jakie pełnią poszczególne warstwy w modelu zarządzania, również rozwiązania sieciowe występujące na ich poziomach muszą spełniać odpowiednie wymagania transmisyjne [7, 12]. W warstwie najwyższej *zarządzania* przesyłana jest stosunkowo duża liczba danych związanych z organizacją, archiwizacją oraz wizualizacją procesu. Transmisja takich danych wymaga łączy o dużych przepustowościach, ale dane te nie wymagają spełnienia warunków czasowych. Odmiennie wymagania stawia się własnościom sieci wykorzystywanych w warstwie najniższej – warstwie *procesu produkcyjnego*. Tutaj ilość przesyłanych danych jest niewielka, często są to pojedyncze bity lub bajty, ale ich transmisja musi być realizowana w bardzo krytycznych warunkach czasowych. Ostatnia warstwa – warstwa *sterowania* – musi charakteryzować się własnościami pośrednimi pomiędzy warstwą zarządzania, a warstwą procesu technologicznego. Protokoły tej warstwy przenoszą mniejszą liczbę danych niż protokoły warstwy najwyższej, ale muszą charakteryzować się determinizmem czasowym [3, 12].

Istotną rolę we współczesnych sieciowych strukturach zarządzania i sterowania pełnią serwery oraz instalowane na nich systemy baz danych. Praktycznie wszystkie języki programowania aplikacji SCADA oraz paneli operatorskich posiadają funkcje bezpośredniego dostępu do baz danych [8]. Mechanizmy te pozwalają zarówno na swobodny dostęp do danych przez wszystkich użytkowników systemu, jak również na gromadzenie i archiwizację parametrów procesu, wartości zmiennych procesowych, podejmowanych decyzji przez operatorów czy generowanych alarmów. Wykorzystując te dane, można wyraźnie usprawnić funkcjonowanie, jak i metody zarządzania procesów produkcyjnych.

Zbudowany system zarządzania procesem produkcji wykorzystuje oprogramowanie InTouch firmy Wonderware oraz panele operatorskie i sterowniki firmy GEFanuc. Struktura systemu, przedstawiona jest na rys. 3. Składa się ona z komputerów klasy PC oraz specjalnie zaprojektowanych stanowisk wyposażonych w panele operatorskie i sterowniki PLC [11].

Każde tak zbudowane stanowisko, może być z kolei wyposażone w maksymalnie 16 narzędzi pomiarowych,



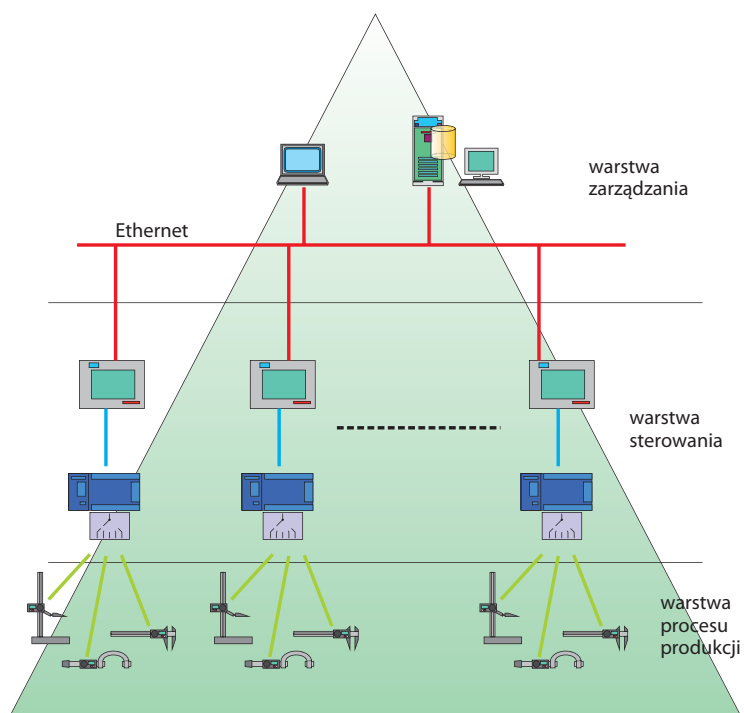
**Rys. 2.** Model warstwowy automatyzacji przedsiębiorstwa  
**Fig. 2.** Layers model of company automation

takich jak: suwmiarki, wysokościomierze, śruby mikrometryczne czy średnicówki. Rola sterownika PLC w tak zorganizowanym systemie ogranicza się praktycznie do realizacji komunikacji z przyrządami pomiarowymi oraz konwersji odczytanego z przyrządów wyniku na postać zmiennoprzecinkową. Dodatkowo sterownik steruje pracą multiplexera, który pozwala do jednego portu RS-232 sterownika podpiąć do 16 narzędzi pomiarowych. Sterowanie multiplexera realizowane jest z wyjść cyfrowych sterownika. Warstwa zarządzająca, łącząca komputery oraz panele operatorskie, oparta jest o sieć Ethernet wykorzystującą protokół TCP/IP. Wymiana danych pomiędzy panelami, a sterownikami PLC zrealizowana jest z wykorzystaniem protokołu SNP łączem RS-485 z szybkością 19 200 b/s. Pojedyncze narzędzia pomiarowe komunikują się ze sterownikami PLC przy pomocy własnego protokołu, zrealizowanego łączem RS-232 z szybkością 300 b/s. Aby możliwe było podłączenie kilkunastu narzędzi pomiarowych do jednego gniazda sterownika PLC z wykorzystaniem łącza RS-232, konieczne było zbudowanie specjalnego multiplexera. Układ multiplexera realizuje dwukierunkowe, szeregowe połączenie w danej chwili tylko jednego narzędzia z portem sterownika PLC. Sterowanie samym multiplexersiem jest wykonywane z wyjść cyfrowych sterownika zgodnie z posiadanym na danym stanowisku algorytmem pomiarowym.

Strukturę logiczną systemu zarządzania i gromadzenia wyników pomiarów wraz z zastosowanymi protokołami wymiany danych przedstawiono na rys. 4.

Wymiana danych w warstwie zarządzania oparta jest o typowe rozwiązania informatyczne. Realizowana jest zarówno wymiana plików, poprzez udostępnianie w sieci zasobów dyskowych komputerów, jak i samych danych poprzez sieciowy dostęp do baz danych.

Na najniższym poziomie, wyniki wykonanych przez pracowników pomiarów można odczytać z przyrządów pomiarowych dwoma sposobami. Pierwszy związany jest z zainicjowaniem transmisji ze strony przyrządu przez pracownika. W przypadku, gdy pomiar jest gotowy, pracownik naciska przycisk transmisji umieszczony na obudowie przyrządu i aktualna wartość wskazywana na przyrządzie zostaje przesłana do sterownika PLC. Drugi sposób polega na cyklicznym odpytywaniu przyrządu pomiarowego przez sterownik PLC. Na każde zapytanie przyrząd generuje odpowiedź zawierającą aktualne wskazanie. Takie rozwiązanie jest bardzo wygodne dla pracownika, ponieważ nie musi sam inicjować startu transmisji wyniku pomiaru. Tryb ten wymaga jednak



**Rys. 3.** Schemat systemu zarządzania i kontroli procesu produkcyjnego  
**Fig. 3.** The scheme of management and control of the production process

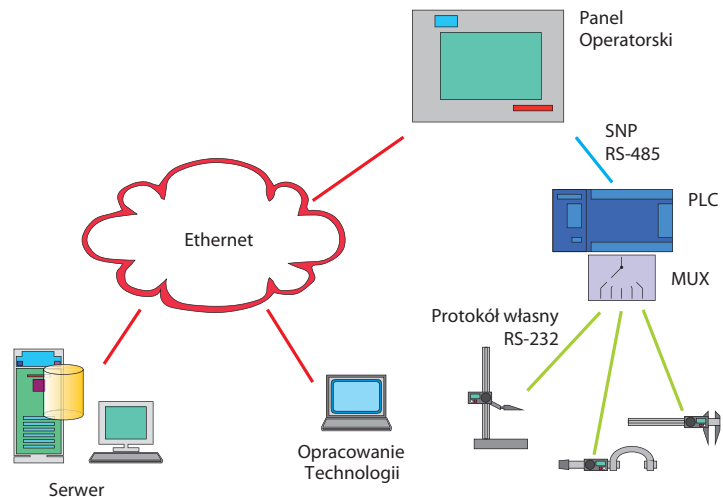
bardzo zaawansowanych algorytmów ze strony sterownika PLC związanych z podjęciem decyzji, kiedy odczytany wynik można uznać już za poprawny. Sterownik pobiera z narzędzia aktualne wskazanie co określony czas, np. co 0,5 s, i na podstawie obserwacji zmian tego wskazania i wartości nominalnej oraz tolerancji, podejmuje decyzję, kiedy proces pomiaru prowadzony przez pracownika jest już zakończony, a tym samym jaką przyjąć wartość końcową wyniku. Ograniczeniem dla algorytmu jest czas na podjęcie decyzji. System nie może zbyt długo obserwować procesu pomiarowego, jednak musi „zauważyć” zakończenie procedury pomiarowej i odczytać wynik końcowy pomiaru. Algorytmy takie zostały opracowane i zaimplementowane w kodzie sterownika PLC [1, 4, 6]. Ich parametry w zakresie częstości odczytywania wyniku, szerokości przedziału akceptacji wyniku, liczby wymaganych odczytów spełniających przyjęte kryterium i innych, można w szerokim zakresie konfigurować indywidualnie dla potrzeb każdego stanowiska czy pracownika z poziomu panelu operatorskiego na pojedynczym stanowisku [11].

Transmisja realizowana jest z wykorzystaniem własnego protokołu komunikacyjnego narzędzi pomiarowych. Szybkość transmisji, mimo że jest bardzo mała, całkowicie wystarcza do przesłania niewielkiej liczby danych, a dzięki małej szybkości jest bardzo odporna na zakłócenia. Sama transmisja odbywa się w trybie znakowym z wykorzystaniem kodów ASCII.

Odczytane z portu sterownika dane są konwertowane do formatu zmiennoprzecinkowego, a następnie przesyłane do panelu operatorskiego. Transmisja jest realizowana poprzez łącze RS-485 z wykorzystaniem protokołu SNP. Jest to wewnętrzny protokół komunikacyjny używany przez urządzenia firmy GE. Wartości przekazywane są poprzez zmienne, zdefiniowane w środowisku GE, a ich odczyt następuje w momencie potwierdzenia przez sterownik PLC poprawności przeprowadzonej konwersji do postaci zmiennoprzecinkowej [9]. Odczytane wartości są opisywane w panelu operatorskim, tj. przypisuje się im identyfikator wymiaru, numer stanowiska, datę i godzinę, a następnie są gromadzone w pliku i zapisywane na karcie pamięci CF zabudowanej w panelu. Po zakończeniu całej procedury pomiarowej, wszystkie wyniki pomiarów wraz z ich opisem, zostają przesłane w postaci pliku, łączem ethernetowym do serwera. Po ich poprawnym skopiowaniu, wyniki pomiarów zostają zapisane w systemie baz danych SQL.

#### 4. Generowanie i transmisja informacji sterujących systemem zarządzania

Realizacja danego procesu produkcyjnego związana jest bezpośrednio ze specyfiką produkcji danego zakładu produkcyjnego. W przypadku zakładów przemysłu metalo-



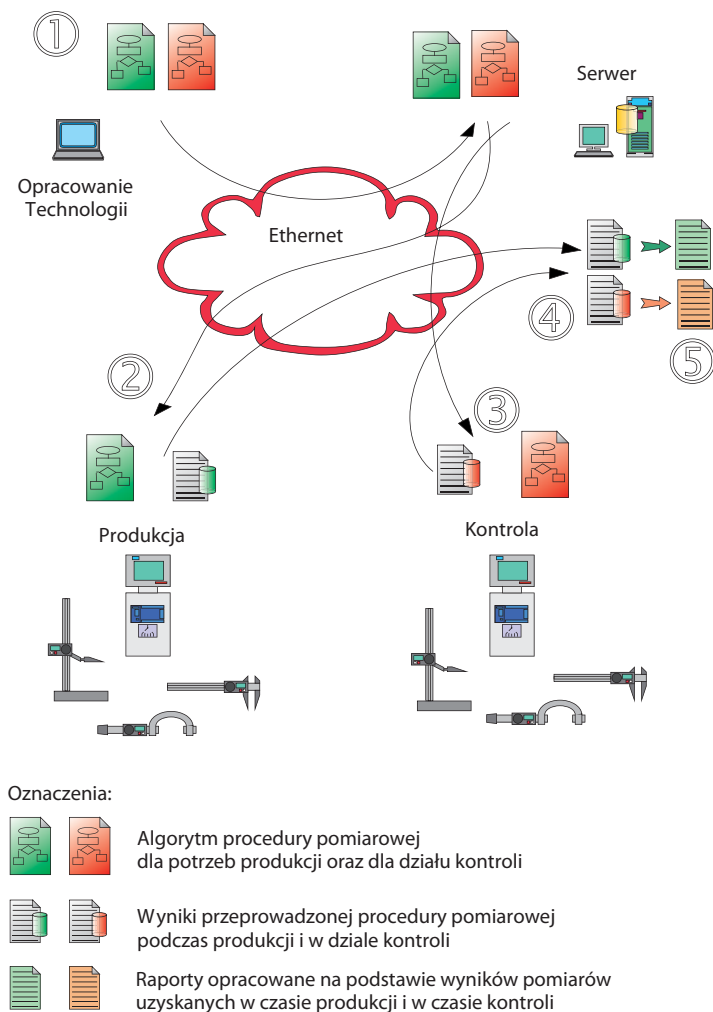
Rys. 4. Struktura logiczna systemu zarządzania procesem produkcji i gromadzenia pomiarów

Fig. 4. The logical structure of the production management system and measurements acquisition

wego produkującego specjalizowane wyroby metalowe na automatach tokarskich lub maszynach CNC, rola pracownika związana jest głównie z kontrolą wymiarów wytwarzanego wyrobu. Na podstawie przygotowanego przez technologa planu, co określoną liczbę elementów lub co określony czas, prowadzony jest pomiar kontrolny wybranych wymiarów związanych z wykonywaną czynnością technologiczną. Jego celem jest kontrola poprawności procesu. Uzyskiwane wyniki, zapisywane przez pracownika na specjalnych kartach, stanowią fragment dokumentacji danego wyrobu. Poza podstawowymi pomiarami wykonywanymi dla potrzeb kontroli, prowadzone są również pomiary oceniające jakość procesu produkcji. W tym celu prowadzone są karty kontrolne procesu np. karty  $X-R$  oraz wyznaczane na ich podstawie wskaźniki jakości  $C_p$  i  $C_{pk}$  [10].

Dodatkowo, poza pomiarami wynikającymi z poszczególnych etapów procesu produkcji, wykonywane są pomiary kontrolne wyrobu gotowego. Tego typu pomiary, prowadzone są przez dział kontroli tylko dla wybranych wymiarów i najczęściej wymagają innych narzędzi pomiarowych. Pomiary takie prowadzone są w innych warunkach i według oddzielnych procedur.

Duży asortyment produkowanych wyrobów, duża liczba czynności technologicznych związanych z jednym wyrobem oraz częste zmiany w zakresie produkcji wymagają ciągłych zmian algorytmu prowadzenia pomiarów, liczby wykonywanych pomiarów oraz częstości ich powtarzania. Dotychczasowa organizacja procesu pomiarowego wymagała przygotowania odpowiedniej dokumentacji w formie papierowej dla każdej wprowadzanej zmiany. Opracowany i wdrożony system zarządzania pozwala w łatwy sposób dostosować się do zmiany procedury pomiarowej w dowolnej chwili na dowolnym stanowisku produkcyjnym.



**Rys. 5.** Struktura układu generacji i transmisji algorytmów pracy i wyników pomiarów

**Fig. 5.** The structure of the generation and transmission of work algorithms and measurements data

Schemat struktury logicznej generacji i przesyłania algorytmów pracy oraz wyników pomiarów został przedstawiony na rys. 5. Procedury pomiarowe i kontrolne dla wszystkich produkowanych wyrobów przygotowywane są w dziale technologicznym zakładu. Dla każdego wyrobu opracowywane są oddzielnie procedury produkcyjne, związane z każdą czynnością technologiczną wykonywaną w czasie produkcji wyrobu oraz jedna procedura kontrolna dla wyrobu gotowego (na rys. oznaczona ①). Wszystkie opracowane procedury są gromadzone na serwerze. Pracownik, podczas procesu produkcji lub procesu kontroli, pobiera odpowiednią procedurę i zgodnie z jej zapisem realizuje procedurę pomiarową oznaczoną jako ② lub ③.

Każda procedura pomiarowa, oprócz podstawowych danych dotyczących identyfikacji wyrobu i danej czynności, zawiera informacje na temat liczby wymaganych pomiarów, liczby wymaganych wyrobów, które będą mierzone, rodzaju wymaganych narzędzi pomiarowych oraz częstości ich powtarzania. Dodatkowo na panelu wyświetlany jest fragment rysunku technologicznego pokazującego miej-

sce wykonania pomiaru. Po wykonaniu każdego pomiaru, system sprawdza poprawność wyniku i w przypadku przekroczenia granic tolerancji sygnalizuje to odpowiednim komunikatem. Wszystkie uzyskane wyniki gromadzone są lokalnie jako dane na karcie pamięci CF stanowiska pomiarowego, a po zakończeniu procedury pomiarowej są przesyłane i archiwizowane na serwerze w bazie danych (oznaczone ④). Na podstawie zgromadzonych danych generowane są raporty dotyczące zarówno samego procesu produkcyjnego, jak i kart odbioru wyrobów gotowych (oznaczone ⑤).

Zaimplementowane rozwiązania sterowania procesem produkcji i kontroli jakości pozwalają na znaczne zaoszczędzenie czasu potrzebnego na uruchomienie produkcji nowego wyrobu lub zmianę dotychczasowej produkcji. Dodatkowo pracownik zwolniony jest z konieczności ręcznego zapisywania wyników pomiarów oraz prowadzenia obliczeń wartości wskaźników jakości produkcji, gdyż informacje te wyświetlane są automatycznie na stanowisku po zakończeniu każdej procedury pomiarowej.

## 5. Podsumowanie

Dzięki dedykowanym rozwiązaniom informatycznym oraz nowoczesnym narzędziom pomiarowym możliwa jest implementacja zaawansowanych algorytmów zarządzania i kontroli procesu produkcyjnego niemal w każdym zakładzie produkcyjnym. Opracowany i wdrożony warstwowy system zarządzania pozwala w znaczący sposób poprawić elastyczność procesu produkcji, usprawnić prowadzenie oraz kontrolować jego jakość. Organizacja wdrożonego systemu pozwala na dalszą rozbudowę jego funkcjonalności. Po wdrożeniu modułu prowadzenia produkcji oraz modułu kontroli pojawiło się zainteresowanie ze strony użytkownika dotyczące wprowadzenia modułu zawierającego historię kalibracji i użytkowania narzędzi pomiarowych wykorzystywanych podczas procesu produkcyjnego. Wdrożony system pozwala na całkowite wyeliminowanie dotychczasowych rozwiązań opartych o papierowe formy zapisywania wyników pomiarowych. Dotyczy to zarówno etapu przygotowania produkcji, prowadzenia jego kontroli przez pracownika na stanowisku, jak i kontroli wyrobu gotowego.

Forma i sposób gromadzenia danych w opracowanych i wdrożonych już modułach systemu pozwalają wykorzystać te informacje również w innych elementach nowoczesnych systemów zarządzania produkcją. Mogą być

one użyte np. w systemach MES (ang. *Manufacturing Execution System*), ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*), MRP (ang. *Material Requirements Planning*), CRP (ang. *Capacity Requirements Planning*) i wielu innych. Poza bieżącą reakcją na nieprawidłowości pojawiające się w czasie produkcji, co już jest realizowane, można na ich podstawie szacować wskaźniki wydajności procesu produkcji, optymalizować oraz planować wykorzystanie zasobów przedsiębiorstwa czy planować zapotrzebowanie oraz zdolność produkcyjną. Otwarty charakter danych oraz wykorzystane systemy bazodanowe pozwalają wykorzystywać i przetwarzać gromadzone informacje w bardzo szerokim zakresie.

## Bibliografia

1. Dzierżek K., *Programowanie sterowników GE Fanuc*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2007.
2. Fowler M., *Architektura systemów zarządzania przedsiębiorstwem. Wzorce projektowe*, Helion, Gliwice 2005.
3. Grandek K., Kaliczyńska M., Rojek R., *Rozproszony system automatyki na bazie sterowników PLC*, „Pomiary Automatyka Robotyka”, 3/2000, 22–25.
4. Kasprzyk J., *Programowanie sterowników przemysłowych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.
5. Klonowski J.Z., *Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem. Modele rozwoju i właściwości funkcjonalne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2004.
6. Kwaśniewski J., *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*, Wydawnictwo btc, Legionowo 2008.
7. Kwiecień R., *Komputerowe systemy automatyki przemysłowej*, Helion, Gliwice 2012.
8. Łebkowski A., *Aplikacje w systemach SCADA*. Wydawnictwo Akademii Morskiej, Gdynia 2010.
9. *Proficy Machine Edition View. Programowanie paneli operatorskich Quickpanel CE. Pierwsze kroki*. Materiały szkoleniowe firmy ASTOR.
10. Tarczyński W., Kopka R., *Control measurements at the manufacturing of metallic products*, “Solid State Phenomena” (Vol. 180), Trans Tech Publications Ltd, Switzerland 2012, 232–237.
11. Tarczyński W., Kopka R., *System zbierania i archiwizowania danych pomiarowych ze stanowisk produkcyjnych*, „Pomiary Automatyka Robotyka”, 10/2011, 77–83.
12. Solnik W., Zajda Z., *Sieci przemysłowe Profibus DP i MPI w automatyce*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010. ■

## Implementation of manufacturing process management

**Abstract:** The paper presents the layered system management and control of the production process implemented in manu-

factory. It combines modern information technology, control and metrology solutions. Measurement procedures, required for each production stages, are performed in accordance with the algorithms taken from the server. The measurements, performed by digital measuring instruments, are sent to the PLC through a serial interfaces. Next, based on the OPC server are transmitted and stored in database systems on PC. Such solution allows to manage, control and maintain control of the production process, quickly implement changes to the process and automatic monitoring the product quality. Paper describes the mechanisms used to exchange controls and measurement data, logical structure of management system based on OPC servers, communication protocols of each layer and used hardware and software.

**Keywords:** management of production process, production control, control systems, measuring systems

Artykuł recenzowany, nadesłany 03.09.2013, przyjęty do druku 26.09.2013.

---

### dr hab. inż. Wiesław Tarczyński

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w 1974 r. Stopień doktora uzyskał w Instytucie Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, a stopień doktora habilitowanego na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. W pracy naukowej specjalizuje się w zastosowaniach elektroniki w diagnostyce układów i systemów elektroenergetycznych, a szczególnie w lokalizacji uszkodzeń w liniach elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych.

e-mail: [w.tarczyński@po.opole.pl](mailto:w.tarczyński@po.opole.pl)



### dr inż. Ryszard Kopka

Absolwent Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Studia o specjalności Automatyka i Metrologia ukończył w 1995 r. Tytuł doktora uzyskał w 2004 r. Obecnie jest adiunktem w Instytucie Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, gdzie prowadzi zajęcia z programowania sterowników PLC, sieci przemysłowych oraz wizualizacji procesów. Prowadzone przez autora prace naukowe dotyczą możliwości wykorzystania informacji o postępujących procesach degradacyjnych do oceny i szacowania funkcji niezawodności obiektów technicznych.

e-mail: [r.kopka@po.opole.pl](mailto:r.kopka@po.opole.pl)

