

STANOWISKO DO MONITORINGU SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH W CZASIE RZECZYWISTYM

Grzegorz ĆWIKŁA

Streszczenie: Praca stanowi przegląd metod kontroli przepływu produkcji i monitoringu systemów produkcyjnych z zastosowaniem technologii rozpoznawania obrazów, technologii RFID oraz kodów paskowych. Przedstawiono opis stanowiska do monitoringu systemów produkcyjnych, integrującego te technologie.

Słowa kluczowe: RFID, Manufacturing Execution Systems (MES), HMI/SCADA, monitoring procesu produkcyjnego, kody paskowe, ERP.

1. Wstęp

Śledzenie przepływu materiałów, półproduktów oraz produktów gotowych w trakcie realizacji procesu produkcyjnego jest jednym z podstawowych wymagań stawianych firmom produkcyjnym. Wynika to jednoznacznie z norm ISO serii 9000, które za główny czynnik zapewnienia dobrej jakości wyrobu finalnego przyjmują między innymi jednoznaczną identyfikację operacji technologicznych, podzespołów, wyrobów i osób odpowiedzialnych za dany etap produkcji.

Wiedza o tym, co dzieje się w systemie produkcyjnym jest także niezbędna dla prawidłowego zarządzania firmą. Oprócz systemów klasy ERP, niezbędnych dla zarządzania nowoczesną firmą, potrzebne są łączniki pozwalające na kontrolę stanu systemu w czasie rzeczywistym. Na poziomie systemu produkcyjnego działają zwykle systemy SCADA (wizualizacja procesu) oraz HMI (do bezpośredniego kontaktu operatora z obsługiwany urządzeniem). Coraz częściej stosowane są systemy MES (Manufacturing Execution Systems) służące jako łącznik między ERP i SCADA/HMI.

Aby umożliwić sprawny przepływ danych z systemu produkcyjnego do ERP konieczne jest stosowanie różnych technologii identyfikacji stanu procesu i elementów przechodzących przez system.

W celu zbadania możliwości zastosowań różnych systemów identyfikacji stanu systemu produkcyjnego zbudowano zautomatyzowane stanowisko, wyposażone w różne systemy zbierania danych. Dostępne w chwili obecnej technologie to: system wizyjny, kody paskowe i znaczniki RFID.

2. Główne techniki automatycznej akwizycji danych z systemu produkcyjnego

Istnieje wiele metod zbierania danych procesowych z systemu produkcyjnego. Dobór właściwej metody zależy od stopnia automatyzacji procesu produkcyjnego.

Systemy produkcyjne zautomatyzowane w znacznym stopniu są zwykle wyposażone w dużą liczbę czujników monitorujących stan procesu. Dzięki temu nie ma zazwyczaj większych problemów z pozyskaniem danych z tych czujników do systemów MES, a następnie ERP. Te czujniki, pracujące na najniższym poziomie hierarchii systemu

automatycznego, (czyli wszelkiego rodzaju czujniki temperatury, ciśnienia, indukcyjne, pojemnościowe, optyczne i wiele innych) nie zostaną tutaj opisane

Większy problem stanowi pobieranie danych z systemów zautomatyzowanych w mniejszym stopniu lub całkowicie niezautomatyzowanych, ponieważ w tej sytuacji często niezbędne jest wykorzystanie danych dostarczanych przez pracowników. Ze względu na zawodność tego rozwiązania, prowadzone są prace nad różnymi metodami zautomatyzowanego pobierania danych, eliminującymi bądź ograniczającymi udział człowieka.

2.1. Technologia kodów paskowych

W systemie automatycznej identyfikacji opartym na kodach kreskowych każda operacja technologiczna, półprodukt, wyrób finalny jak również osoba realizująca proces produkcyjny jest identyfikowana za pomocą unikalnego kodu kreskowego.

Tradycyjna technologia oparta na kodach kreskowych jest technologią optyczną, w związku z czym odczytanie informacji z etykiety wymaga zazwyczaj udziału człowieka. Kody kreskowe są mało elastyczne i nie dają możliwości dopisywania informacji o danym produkcie. Wydrukowane na nośnikach papierowych nie są odporne na działanie niektórych czynników, takich jak wilgoć czy też wysokie temperatury, mogące powodować uszkodzenie etykiety, a tym samym uniemożliwić odczytanie informacji [1].

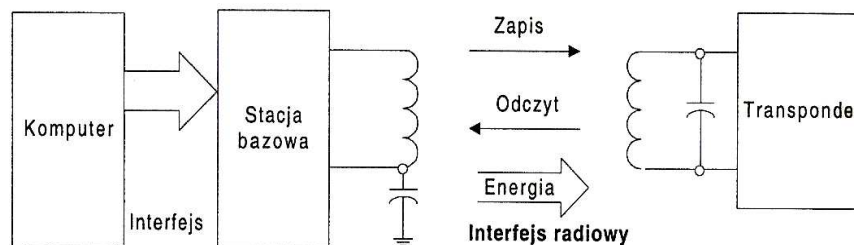
Technologia ta jest jednak szeroko stosowana ze względu na niewielki koszt jej stosowania – etykiety można drukować praktycznie na dowolnej drukarce, na nośniku papierowym, tworzywie sztucznym bądź bezpośrednio na samym znakowanym obiekcie, skanery do odczytu kodów paskowych są rozwijane już od wielu lat, co pozwoliło na osiągnięcie wysokiej niezawodności działania.

Rozwijana jest także technologia kodów paskowych dwuwymiarowych – piętrowych i matrycowych, które pozwalają na upakowanie znacznie większej ilości danych na podobnej lub nawet mniejszej powierzchni w porównaniu z klasycznymi kodami paskowymi. Udoskonalono również techniki korekcji błędów, pozwalające na poprawny odczyt kodów z uszkodzonych nośników [2].

2.2. Technologia RFID

Nośniki danych, jakimi są kody kreskowe, są powoli wypierane przez nośniki danych, zwane tagami lub transponderami. Zbudowane są one z microchipa z anteną i aktywowane za pomocą fal radiowych. Technologia automatycznej identyfikacji wykorzystująca fale radiowe RFID (Radio Frequency Identification) znana jest od ponad pół wieku, jednak wykorzystanie jej do celów komercyjnych rozpoczęło się w ciągu kilku ostatnich lat. Obecnie jest jedną z najważniejszych technologii elektronicznych będących w fazie wprowadzania na rynek.

Główną zaletą technologii RFID jest możliwość zapisu dużo większej liczby informacji (nazwa, cena, data ważności lub inne dane dotyczące produktu), jak również możliwość ich edycji i ponownego zapisania. Technologia ta zapewnia odczyt danych drogą radiową, bez konieczności przeciągania transpondera przez czytnik. Wystarczy, aby przedmiot posiadający etykietę RFID znalazł się w zasięgu działania anteny czytnika, a fakt ten zostanie odnotowany w systemie komputerowym [3]. Zasadę działania technologii RFID przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Zasada działania układu RFID [4]

2.3. Systemy wizyjne

Kolejną metodą identyfikacji obiektów jest system wizyjny. W tej metodzie obraz przekazywany z kamery jest zamieniany na wartość cyfrową, która następnie zostaje poddana analizie przez algorytm rozpoznawania obrazów. Przetworzone dane umożliwiają następnie porównanie cech obiektu z modelem zapisanym w pamięci komputera. Metoda ta pozwala na identyfikację produktu na podstawie jego rzeczywistego kształtu lub bieżących właściwości (temperatura obiektu, struktura wewnętrzna materiału), a nie informacji zawartych w dodatkowych elementach, takich jak etykiety, które mogłyby ulec zniszczeniu w trakcie przepływu produktu w łańcuchu dostaw. Dzięki temu metoda ta jest wykorzystywana przede wszystkim do nadzorowania poprawnego przebiegu procesu [5].

Główne zastosowania systemów wizyjnych to: kontrola jakości, kontrola procesu montażu lub parametrów wytwarzania, wykrywanie obecności oraz identyfikacja obiektów, pomiar temperatury, sterowanie oraz wizualizacja procesów przemysłowych.

System wizyjnej identyfikacji obiektów składa się z trzech elementów: kamery cyfrowej, źródła światła oraz komputera analizującego dane z kamery lub służącego do programowania jej pracy. Coraz częściej spotykane są rozwiązania zintegrowane, gdzie komputer jest zainstalowany we wspólnej obudowie z kamerą.

Rodzaj kamery oraz wykorzystanego oświetlenia są dobierane w zależności od cech materiału, jakie mają zostać zmierzone. Komputer jest wykorzystywany w celu programowania ustawień kamery oraz analizy przekazywanych obrazów. Często zachodzi potrzeba uzupełnienia systemu o fotokomórki lub inne czujniki wykrywające obecność obiektów, co pozwala na wyzwalanie kamery. Dzięki tym elementom analiza obrazu jest przeprowadzana w chwili osiągnięcia przez obiekt określonej pozycji względem kamery.

Najczęściej wykorzystywaną odmianą metody wizyjnej jest analiza obrazu uzyskanego w świetle widzialnym. Kamery są wyposażone w czarno-białe matryce CCD, natomiast obiekt badany jest oświetlany światłem czerwonym. Metoda ta pozwala na analizę zewnętrznej powierzchni elementu.

Tak samo jak w przypadku kodów kreskowych, zdolność do rozpoznania obiektu tą metodą jest uzależniona od jego pozycji w polu widzenia kamery. Najlepsze efekty są uzyskiwane w przypadku wykrywania różnic w kształcie obiektów produkowanych seryjnie.

Dokładność metody jest zależna od skuteczności algorytmu do rozpoznania obiektów w sytuacji, gdy bieżąca orientacja produktu jest inna niż zapisana w pamięci sensora lub, gdy w zasięgu kamery znajdują się jakieś inne obiekty. W przypadku produktów technologicznie podobnych, takich jak na przykład wałki, bardzo łatwo może dojść do błędnej identyfikacji produktu na podstawie analizy jego kształtu.

System wizyjny może być także stosowany do odczytu kodów kreskowych, zarówno standardowych, jak również dwuwymiarowych. Tak, jak również wymienione powyżej zalety, sprawiają, że systemy analizy obrazu ciągle są intensywnie rozwijane.

3. Stanowisko „In-line” do monitoringu systemu produkcyjnego

Stanowisko „In-line” do monitoringu systemu produkcyjnego (rys. 2) stanowi zintegrowany system, pozwalający na prowadzenie kontroli przebiegu procesu produkcyjnego z zastosowaniem kamery, znaczników RFID oraz kodów paskowych. Układ umożliwia współpracę z istniejącymi stanowiskami laboratoryjnymi oraz sieciami przesyłania danych zainstalowanymi w laboratoriach Instytutu. Konstrukcja mechaniczna daje możliwość jego przemieszczania i zainstalowania nad różnymi modelami systemów produkcyjnych, zainstalowanymi w laboratorium.

System składa się z podsystemów akwizycji danych, części mechanicznej (pełniące zadanie ustroju nośnego dla pozostałych elementów), układu sterowania oraz napędowego. Część stanowiska odpowiadająca za rozpoznawanie stanu systemów produkcyjnych składa się z: podsystemu rozpoznawania obrazu (zbudowanego w oparciu o przemysłową kamerę video), urządzeń zapisujących i odczytujących znaczniki RFID oraz kody paskowe.



Rys. 2. Widok stanowiska „In-line” do monitoringu systemu produkcyjnego

Kamera została zainstalowana na końcówce 3-osiowego manipulatora, co zapewnia możliwość jej przemieszczania nad obserwowanym systemem produkcyjnym.

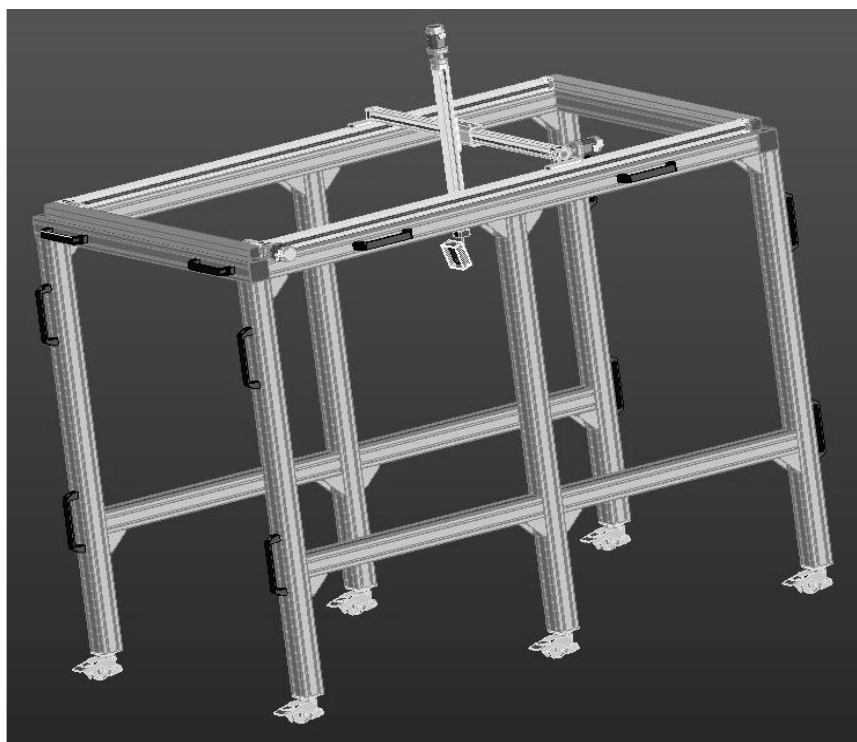
Układ sterowania, zbudowany w oparciu o zaawansowany sterownik PLC, umożliwia kierowanie ruchami manipulatora z wymaganą dokładnością oraz integruje w jedną całość wszystkie wbudowane podsystemy automatyki. Jest również wyposażony w interfejsy do różnych typów sieci przesyłania danych.

Sterowanie systemem jest możliwe zarówno z poziomu pulpitu operatora, jak również poprzez sieć komputerową. Cały zintegrowany inteligentny system kontroli przebiegu produkcyjnego posiada interfejsy, umożliwiające wymianę danych i sterowanie z poziomu oprogramowania do zarządzania produkcją klasy ERP.

3.1. Konstrukcja mechaniczna

Stanowisko zaprojektowano w postaci przestrzennej ramy, w sposób umożliwiający jego zainstalowanie nad laboratoryjnymi modelami systemów produkcyjnych. Konstrukcja zbudowana jest w oparciu o profile ze stopów metali lekkich, zapewniających wysoką sztywność przy niewielkiej masie, posiada również uniwersalne elementy montażowe pozwalające na zainstalowanie podsystemów RFID, czytników kodów paskowych, układu sterowania i innych elementów.

Manipulator (rys. 3) umożliwia przemieszczanie kamery w płaszczyźnie XY o wymiarach 2000x1000 mm. Rozwiązanie to oparte zostało o napędy liniowe z paskiem zębatym, zapewniające pozycjonowanie z dokładnością 0,05 [mm/m].



Rys. 3. Widok manipulatora wraz z konstrukcją nośną

Oś pionowa Z pozwala na ruch kamery w zakresie 500 mm ponad obserwowanym systemem produkcyjnym. Rozwiązanie napędu tej osi oparte jest o napęd liniowy z śrubą toczną, co umożliwia pozycjonowanie z dokładnością taką samą jak dla pozostałych osi.

Zastosowane napędy liniowe posiadają konstrukcję zamkniętą zabezpieczającą elementy napędowe przed niepożądaną integracją użytkownika oraz zabezpieczenia mechaniczne przed podaniem na wał zbyt dużego momentu obrotowego.

3.2. Układ sterowania

Wszystkie moduły identyfikacji dostępne na stanowisku są podłączone do sterownika Melsec-Q firmy Mitsubishi. Zadaniem sterownika jest przetwarzanie sygnałów napływających z poszczególnych systemów, prezentacja danych oraz ich modyfikacja. Sterownik ma budowę kompaktową, która umożliwia łatwą rozbudowę. Na potrzeby stanowiska laboratoryjnego podstawowe możliwości sterownika zostały poszerzone o procesor ruchu Q-Motion oraz moduł sieciowy QJ71E71-100. Moduł sieciowy umożliwia programowanie sterownika za pomocą komputera z zainstalowanym oprogramowaniem Melsoft oraz sterowanie poszczególnymi modułami stanowiska. Dzięki temu modułowi możliwe jest również opracowanie własnych programów sterujących poszczególnymi systemami stanowiska, bez znajomości ich protokołów komunikacyjnych. Moduły sterownika są montowane na dwunasto-gniazdowej płycie bazowej, która umożliwia szybką wymianę podzespołów.

Jako główne urządzenie pulpitu operatorskiego zastosowano panel dotykowy GOT 1000 (Graphic Operation Terminal) firmy Mitsubishi (rys. 4). Panel jest zamocowany na szafie sterownika. Panel umożliwia wygodną wymianę danych między użytkownikiem i sterownikiem oraz sterowanie modułami stanowiska za pomocą przycisków umieszczonych na poszczególnych ekranach.



Rys. 4. Panel dotykowy GOT 1000 firmy Mitsubishi

Oprogramowanie panelu umożliwia: wprowadzanie i odczytywanie danych z transponderów RFID, odczytywanie wartości liczbowej kodów kreskowych, bazowanie

napędów oraz pozycjonowanie manipulatora z zamocowaną kamerą cyfrową, włączenie oświetlenia oraz sterowanie pracą kamery.

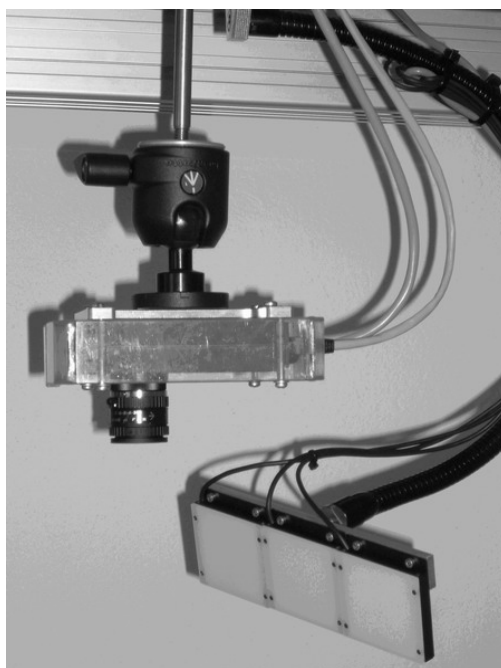
W celu zachowania kompatybilności z istniejącymi strukturami sieciowymi system sterowania ma możliwość instalacji modułów współpracujących z sieciami ETHERNET (100BASE-TX), PROFIBUS DP, MELSECNET, CC-LINK, ASI, RS, SSCNET III oraz umożliwia wymianę danych bezpośrednio z bazami danych SQL i ORACLE.

System wyposażony jest w 32 wejścia oraz 16 wyjść binarnych. Programowanie układu sterowania odbywa się za pomocą oprogramowania zgodnego z normą IEC1131. Pozwala to na rozbudowę stanowiska [6].

3.3. Podsystem wizyjny

Podsystem wizyjny zawiera kamerę ze zintegrowanym kontrolerem oraz oświetlacz LED (rys. 5). Zestaw kamera - obiektyw zapewnia pomiar badanego obiektu z dokładnością na poziomie ok. 0,6 mm oraz umożliwia pomiar elementów o wymiarach w zakresie od 40 do 150mm. Kamera o rozdzielczości 1024x768 pikseli posiada możliwość wymiany obiektywu.

Kontroler kamery wyposażony jest w złącze ETHERNET oraz zintegrowane wejścia i wyjścia binarne – w tym wyzwalacz kamery. Oprogramowanie kamery umożliwia wykonanie zadań związanych z rozpoznawaniem tekstu OCV/OCR.



Rys. 5. Kamera wraz z oświetlaczem LED

Program „Spectation”, instalowany na zwykłym komputerze klasy PC, służy do ustawienia i zapisania w pamięci kamery parametrów, na podstawie których obiekty będą rozpoznawane przez system. Po zaprogramowaniu kamery oraz określeniu cyfrowych sygnałów wyjściowych kamera może pracować bez połączenia z komputerem. Numer

rozpoznanego obiektu jest reprezentowany poprzez podanie wysokich poziomów sygnałów binarnych na wyjściach cyfrowych kamery. Dane te są przekazywane do sterownika Melsec-Q, gdzie zostają wyświetlane na panelu GOT, lub mogą zostać wykorzystane do sterowania urządzeniami peryferyjnymi [7].

Oprogramowanie kamery pozwala między innymi na:

- obliczanie pozycji obiektu (Translation SoftSensors),
- obliczanie kąta obrotu (Rotation SoftSensors),
- liczenie jasnych punktów (Intensity SoftSensors),
- liczenie krawędzi (EdgeCount SoftSensors),
- liczenie obszarów (FeatureCount SoftSensors),
- liczenie obiektów (Blob Tools),
- pomiary kątów, odległości (Measurement SoftSensors),
- czytnik kodów kreskowych jedno oraz dwuwymiarowych (Readers): ITF-14, USS-128, USS-39 (Code 39), UPC/EAN, Codabar, Code 93, POSTNET, PLANET, PharmaCode, BC412, PDF417, Micro PDF417, RSS-14, RSS Limited, RSS Expanded, RSS-14 Composite, RSS Limited Composite, RSS Expanded Composite, UPC/EAN Composite and UCC/EAN-128 Composite.

Wszystkie sensory do analizy obrazu bazują na różnicach jasności poszczególnych obszarów oraz wartości tych różnic. Dlatego w celu zapewnienia jak najdokładniejszego wyniku pomiaru konieczne jest ustawienie parametrów ekspozycji w celu osiągnięcia jak najbardziej kontrastowego obrazu. Dla poprawy warunków ekspozycji wykorzystywany jest przymocowany do ramienia manipulatora oświetlacz. Ponadto zaleca się również ustawianie badanego elementu na kontrastowym tle.

3.4. Podsystem kodów paskowych

Podsystem zbierania danych z wykorzystaniem kodów kreskowych zapewnia dostęp do śledzonych obiektów w trzech punktach, przy czym dwa z nich są obsługiwane przez czytniki stacjonarne, a trzeci przez czytnik ręczny. Komunikacja systemu zbierania danych z układem sterowania odbywa się w standardzie RS232. Konstrukcja zamocowania czytników stacjonarnych umożliwia ich swobodne umiejscowienie w obrębie stanowiska laboratoryjnego

Drukarka kodów paskowych umożliwia wydruk na etykietach papierowych, wyposażona jest w sterowniki dla systemu MS Windows oraz graficzny edytor etykiet. Zapewnia wydruk etykiet jedno oraz dwuwymiarowych.

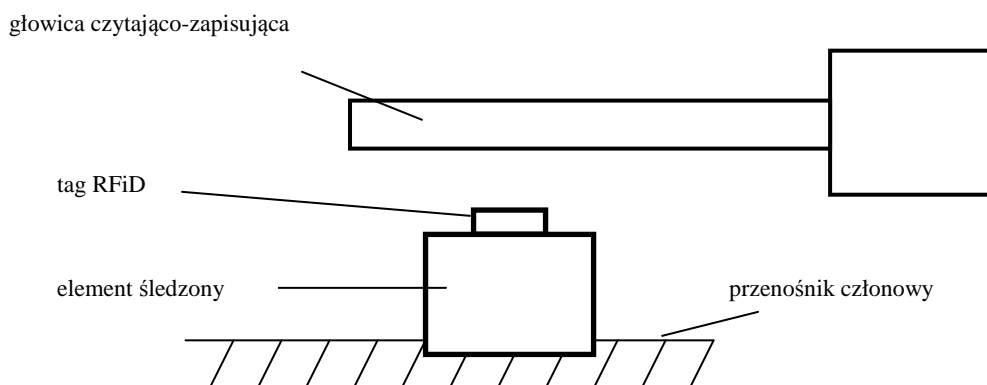
3.5. Podsystem RFiD

Moduł radiowej identyfikacji dostępny na stanowisku laboratoryjnym umożliwia poznanie podstawowych możliwości nowej technologii identyfikacji obiektów. W porównaniu do kodów kreskowych, duża pojemność wewnętrznej pamięci transponderów umożliwia nie tylko zapisanie dodatkowych informacji o produkcie, ale również, w razie potrzeby, ich późniejszą modyfikację. Podsystem zbierania danych RFID (rys. 6) zapewnia dostęp do śledzonych obiektów w trzech punktach, dających możliwość zapisu i odczytu danych.

Wymiana danych pomiędzy systemem sterowania a układem RFID realizowana jest za pośrednictwem sieci przemysłowej PROFIBUS DP. Nośnikiem danych w śledzonym

obiekcie jest pastylka, a zasięg działania głowic odczytujących i zapisujących dane do pastylek wynosi około 10 cm [8].

Dzięki zastosowaniu stojaków i odpowiednio długich przewodów istnieje możliwość swobodnego umiejscowienia głowic w obrębie stanowiska laboratoryjnego.



Rys. 6. Schemat współpracy elementów podsystemu RFID

3.6. Interfejs HMI/SCADA

Sterowanie modułami stanowiska oraz wizualizacja stanu pracy nie są ograniczone możliwościami panelu operatorskiego GOT. Jego alternatywą jest zastosowanie programu „Manipulator” utworzonego na platformie „CitectSCADA” firmy Citect. Program ten służy do zarządzania danymi wpływającymi do sterownika z poszczególnych systemów identyfikacji oraz do programowania i sterowania ruchem manipulatora. Działanie obecnej wersji programu odwzorowuje w przybliżeniu wygląd ekranu panelu GOT, jest on jednak uruchamiany na zwykłym komputerze PC. Dodatkową zaletą jest możliwość wykorzystania zaawansowanej grafiki oraz budowania złożonych funkcji w odmianie języka Visual Basic w celu utworzenia bardziej przyjaznego dla użytkownika interfejsu.

Komunikacja programu ze sterownikiem odbywa się z wykorzystaniem sieci Ethernet. Oprogramowanie to umożliwia bezpośredni dostęp do rejestrów i zmiennych sterownika Melsec-Q.

Ze stanowiskiem współpracuje także oprogramowanie „GX IEC Developer” (umożliwia pisanie programów dla sterowników PLC w językach LD, MELSEC IL, ich weryfikację, przesyłanie do pamięci sterownika oraz wczytywanie kodu programu i ustawień sieciowych sterownika) oraz „GT Designer” (do zmiany programu panelu dotykowego GOT1000).

4. Podsumowanie

Opisane stanowisko dzięki zastosowaniu różnych technik rozpoznawania obiektów, pozwala na wszechstronną kontrolę przebiegu procesu produkcyjnego. Zintegrowano w nim technologie znane i stosowane od dawna oraz metody będące w fazie rozwoju i badań. Zdublowanie funkcji poszczególnych podsystemów pozwala na prowadzenie badań

porównawczych i ocenę praktycznej przydatności poszczególnych technik do konkretnych zastosowań.

Zastosowane oprogramowanie pozwala na sterownie stanowiskiem z poziomu komputera (HMI/SCADA). Zestaw oprogramowania związanego ze stanowiskiem będzie rozbudowany o program służący do archiwizacji danych pozyskanych z systemu produkcyjnego (Historian) oraz system MES, który pozwoli na wszechstronną analizę danych. Kolejnym krokiem rozwoju oprogramowania będzie integracja z wybranym systemem ERP.

Literatura

1. Chartier P.: Systemy kodu kreskowego. Scan-Poland, Poznań, 1990.
2. Górny Z.: Analiza możliwości zastosowania kodów dwuwymiarowych. ILiM, Poznań, 1995.
3. Okulewicz J.: Warunki wykorzystania identyfikacji radiowej w systemach logistycznych, Logistyka nr 6, 2006.
4. Kwaśniewski S., Zając P.: Automatyczna identyfikacja w systemach logistycznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1994.
5. Aftewicz M.: Metodyka projektowania przemysłowych systemów wizyjnych. <http://www.systemywizyjne.pl/pliki/metody-projektowania-psw.pdf>.
6. MELSEC System Q. Programmable Logic Controllers. User's Manual. QJ71PB92V PROFIBUS/DP Master Module", Mitsubishi Electric, Art. no.: 166558.
7. Simatic VS 72x / Spectation Manual, Siemens. http://www.provondor.fi/siemens/manuals/VS72x_Spectation.pdf
8. BL67 User Manual for Profibus-DP. Turck Industrial Automation. http://pdb.turck.de/media/_en/Anlagen/d300527.pdf

Dr inż. Grzegorz ĆWIKŁA
Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania,
Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a
tel.: 032 / 237 16 57, fax.: 032 / 237 16 24
e-mail: grzegorz.cwikla@polsl.pl