

WYKORZYSTANIE KODÓW KRESKOWYCH DO STEROWANIA SYSTEMEM ZROBOTYZOWANYM

Gabriel G. KOST, Daniel RECLIK

Streszczenie: W pracy omówiono koncepcję wykorzystania systemu znakowania przedmiotów metodą kodów kreskowych do identyfikacji i klasyfikacji strumienia materiałowego w zrobotyzowanym systemie wytwarzania.

Słowa kluczowe: systemy kodów kreskowych, zrobotyzowany system elastyczny, identyfikacja konstrukcyjna i technologiczna przedmiotów produkcji, sterowanie.

1. Wstęp

Współczesny rynek ukierunkowany na szybką dystrybucję towarów i usług wymaga rozwijania takich sposobów pozyskiwania, przetwarzania i przesyłania informacji, które ułatwiają skuteczną aktywność przedsiębiorstwa we wszystkich dziedzinach aktywności gospodarczej. Jedną technik skutecznie pomagającą w rozwijaniu tej aktywności jest automatyczne gromadzenie danych, ADC (*ang. Automatic Data Capture*) przy pomocy kodów kreskowych.

Technologia kodów kreskowych powstała w latach 60-tych w USA i Kanadzie, gdzie w 1970 roku powstał komitet do spraw jednolitego kodu – UCC (*ang. Universal Code Council*). Jego starania doprowadziły do opracowania i zatwierdzenia pierwszego standardu kodu kreskowego UPC (*ang. Universal Product Code* - standardowy kod produktu) [3]. Dzisiaj zakres zastosowań kodów kreskowych jest bardzo szeroki, a ciągły rozwój tej technologii pozwala na wdrożenie w coraz to szerszych dziedzinach.

Systemy automatycznego gromadzenia danych ADC, których elementem jest system kodów kreskowych można podzielić na systemy otwarte oraz zamknięte. Otwarte cechują się możliwością odczytu przez wszystkich użytkowników systemu. Systemy zamknięte służą do wymiany danych w określonym gronie użytkowników, są ograniczone do jednej aplikacji. Systemy te mogą pracować w trybie *on-line*, przez co jest możliwe przekazywanie danych między elementami systemu cyklicznie w tzw. pakietach, lub *off-line* i wtedy system informatyczny posiada informacje z ostatniego czasu aktualizacji. Wdrożenie systemu w trybie *off-line* jest znacznie tańsze, jednak niemożliwe w implementacjach wymagających gromadzenie aktualnych danych na bieżąco.

Uniwersalne możliwości jakie posiada system kodów kreskowych, jego prostota i stosunkowa łatwość w implementacji sprawia, że jest on coraz szerzej wykorzystywany również w sferze produkcji przemysłowej, do bieżącej identyfikacji i kontroli przepływu strumieni materiałowych w systemach magazynowych i wytwórczych, szczególnie realizujących zadania produkcji elastycznej i wieloasortymentowej.

2. Charakterystyka systemu kodów kreskowych

Główne obszary zastosowań systemu kodów w produkcji to [3, 4]:

- Identyfikacja jednostek handlowych (rozpoznanie produktu lub usługi w celu:

identyfikacji, wyceniania, zamawiania czy fakturowania).

- Identyfikacja jednostek logistycznych w celu przechowywania lub transportu.
- Identyfikacja przedmiotów produkcji w całym procesie wytwarzania i gospodarce magazynowej (monitorowanie i identyfikacja dostarczonych produktów) w celu rozpoznawania i monitorowania stanu przyjętych produktów, zapewnienia ciągłości dostaw materiałowych, określenia czasu dostaw, prowadzenie statystyk i tworzenia raportów inwentarzowych.
- Roboty w toku - system zarządzania produkcją (bieżące informacje dotyczące przebiegu całego procesu produkcyjnego, (kontrola: przedmiotów w produkcji, wykonywanych operacji, stanowisk i pracowników; prowadzenie statystyk procesu produkcyjnego: pomiar czasu pracy, wydajności, ustalanie liczby braków, pracownikostanowiskochłonności).
- Sortowanie przedmiotów – szybka identyfikacja przedmiotów na transporterach przenośnych, eliminacja błędów w procesie selekcji transportowanych przedmiotów.
- Gospodarka narzędziowa - redukcja czasu obsługi magazynu, bieżąca kontrola stanu magazynu.

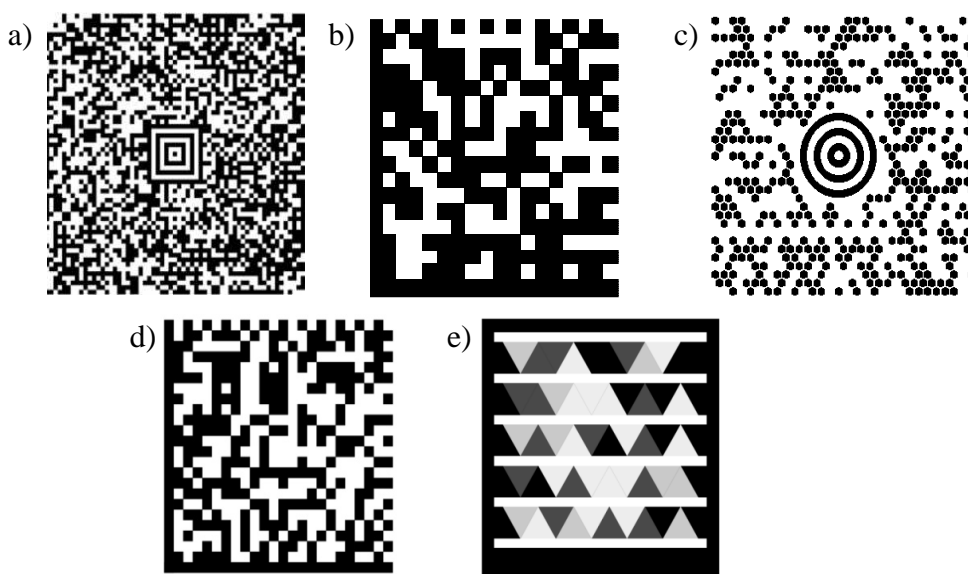
2.1. Podziały kodów kreskowych

Różnorodność zastosowań systemu ADC stymuluje intensywny rozwój formuł zapisu graficznej informacji, w tym standardów systemu kodów kreskowych. Obecnie istnieje ich ponad 250. Generalnie można je podzielić na standardy:

- **Jednowymiarowe** - inaczej liniowe (1D), stosowane powszechnie. Informacje zapisane są w jednej linii, najczęściej w postaci kreski. Przykładami mogą być systemy: Codabar, Kod 2 z 5, Przeplatany 2 z 5, Code 39, Code 93, Kod 128, EAN-13 i EAN-8 oraz GS1 Data Bar.
- **Dwuwymiarowe piętrowe** (rys. 1) – rozwinięcie kodów jednowymiarowych polegające na istnieniu kilku linii kodu, jedna pod drugą. Kod znajduje zastosowanie w przypadkach, gdy dysponując małym obszarem należy zakodować dużo informacji (np. Codablock F, Code 49, PDF417).
- **Dwuwymiarowe matrycowe** (rys. 2) – informacja zapisana jest na określonej powierzchni, z tym, że do zapisu nie są wykorzystywane kreski, lecz inne oznaczenia (Aztec Code, DataMatrix, MaxiCode, Semacode, QR Code, High Capacity Color Barcode - HCCB (do zapisu informacji wykorzystuje się układ kolorowych trójkątów).
- **Kody złożone** (rys. 3) - występują w nich zarówno elementy kodów jednowymiarowych (np. Code 128, Code 39, Code 93 oraz 93i, a także Code 25 Interleaved, UPC-A/EAN-13) i uzupełniającego go obszaru zakodowanego kodem dwuwymiarowym matrycowym. Najczęściej stosowanym kodem złożonym jest Aztec Mesa (Mesas) [3].



Rys. 1. Przykłady kodów dwuwymiarowych piętrowych.
a) Codablock F, b) Code 49, c) PDF417



Rys. 2. Przykłady kodów dwuwymiarowych matrycowych.
a) Aztec Code, b) DataMatrix, c) MaxiCode, d) Semacode (DataMatrix), e) HCCB



Rys. 3. Przykłady kodu złożonego Aztec Mesa

- **Kody trójwymiarowe** - są to wytłaczane dowolne kody jednowymiarowe (Bumpy Bar Code). W zapisie i odczycie zamiast różnic w kolorach wykorzystuje się różnice głębokości tłoczenia. Kody są nanoszone na powierzchnię poprzez narzucenie materiału, trawienie, tłoczenie lub grawerowanie. Technologia ta pozwala na odczyt i zapis w środowiskach, w których tradycyjne kody kreskowe

stają się niemożliwe do odczytu. Kod nie ulega degradacji podczas eksploatacji przedmiotu (znakowanie opon samochodowych, narzędzi w magazynach automatycznych).

3. Koncepcja systemu identyfikacji przedmiotów w zrobotyzowanym systemie produkcyjnym

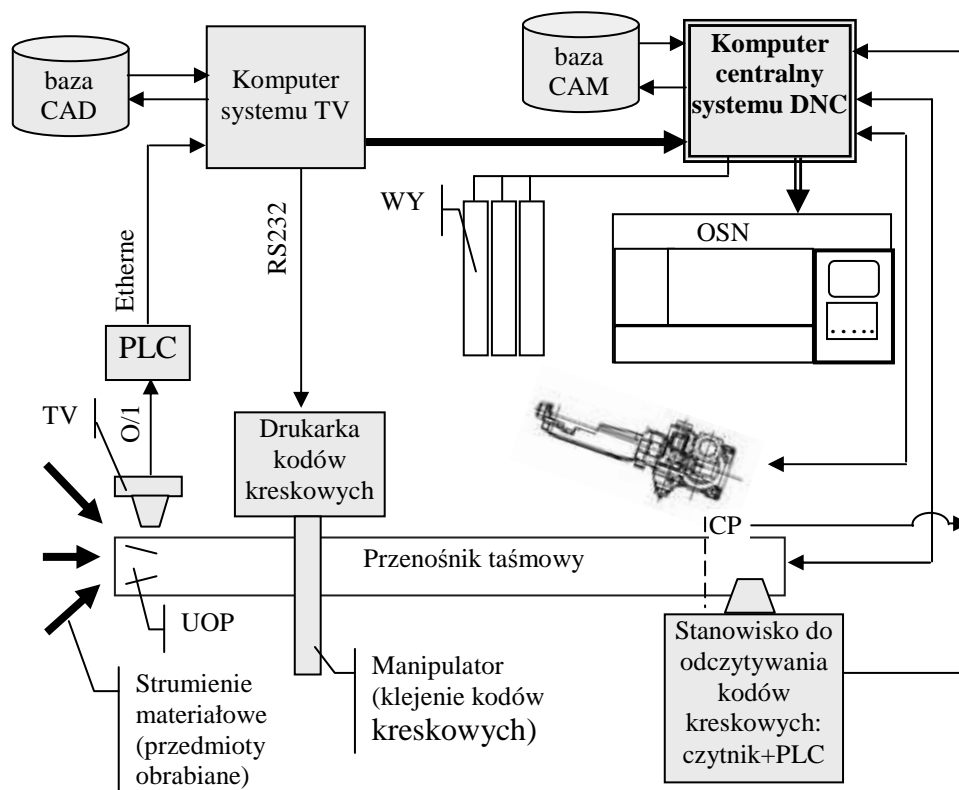
Sterowanie systemem technologicznym polega m.in. na zapewnieniu ciągłości jego pracy gwarantującej wykonanie planów produkcji. Jednym z czynników wpływających na zapewnienie ciągłości pracy systemu jest zagwarantowanie ciągłości przepływu przez niego strumieni materiałowych i informacyjnych uwarunkowanych warunkami realizowanego procesu technologicznego. Szczególnie szybkość przepływu strumienia materiałowego zależy od czasów realizacji operacji technologicznych, zaś szybkość strumienia informacyjnego wpływa szybkość pozyskiwania (przesyłania i przetwarzania) informacji w samym systemie technologicznym, jak i jego otoczeniu. Jednym z czynników warunkujących szybkość pozyskiwania i transmisji informacji w systemie technologicznym jest identyfikacja przedmiotów i ich kwalifikacją do dalszych operacji transportowo-technologicznych. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie w zintegrowanych systemach technologicznych o strukturze elastycznej, w przypadku produkcji małych (mało-, średnioseryjnych) i złożonym algorytmie sterowania. Szczególnym przypadkiem jest przepływ strumienia przedmiotów w systemie technologicznym sterowanym wg zasad technologii grupowej przy stochastycznej regule zapuszczania (pojawiania się) przedmiotów na wejściu systemu. Przypadek taki wymaga sortowania przedmiotów on-line. Jakość i szybkość procesu identyfikacji przedmiotu i jego kwalifikacja technologiczna w sposób znaczący wpływa na jakość pracy systemu i może stwarzać warunki do analizy prowadzonej produkcji (statystyki, modyfikacje procedur sterujących produkcją itp.). Koncepcję układu pozyskiwania i wykorzystania on-line informacji o produkowanych przedmiotach w zrobotyzowanym systemie technologicznym pokazano na rysunku 4.

Podstawowym założeniem do opracowania zaprezentowanej koncepcji jest możliwość pracy on-line, polegająca na zagwarantowaniu odpowiedniej szybkości rozpoznawania przedmiotów znajdujących się na transporterze oraz ich identyfikacji pozyskiwanych danych w bazie CAD i CAM, co umożliwi dynamiczną modyfikację algorytmu sterowania systemem przez komputer nadrzędny DNC.

4. Składniki systemu sterowania

Elementami przedstawionego systemu są:

- specjalizowany układ wizyjny (TV),
- podsystem identyfikacji kodów kreskowych – czytnik kodów,
- struktura technologiczna systemu produkcyjnego zintegrowana informacyjnie sieciami: sygnałową i typu field-bus (Profibus DP).



Rys. 4. Konfiguracja systemu zrobotyzowanego z identyfikacją przedmiotów metodą kodów paskowych

4.1. Wizja - system identyfikacji przedmiotów

Podsystem identyfikacji przedmiotów oparty na specjalistycznym, przemysłowym systemie wizyjnym, przeznaczony jest do identyfikacji przedmiotu pojawiającego się na przenośniku poprzez rozpoznanie jego kształtu wg wzorca geometrycznego znajdującego się w bazie danych CAD. Układ rozpoznawania oparty jest na systemie wizyjnym OMRON F250 [5], który przeznaczony jest do aplikacji wymagających szybkiego pozyskiwania informacji z wizji. Uzyskiwane z kamery informacje, w postaci mapy bitowej, pozwalają na tworzenie geometrycznego wzorca 2D obserwowanego przedmiotu. Czujnik zbliżeniowy zainstalowany przed kamerą uaktywnia proces rozpoznawania. Dodatkowo, w celu uproszczenia procesu identyfikacji geometrycznej przedmiotów pojawiających się w polu widzenia kamery, zastosowano układ UOP (układ orientacji przedmiotów), którego celem jest ujednocnienie położenia swobodnie podawanych na przenośnik przedmiotów, przez co liczba możliwych konfiguracji ułożenia przedmiotów na przenośniku jest ograniczona, co przyspiesza proces ich identyfikacji wg wzorców geometrycznych rezydujących w bazie CAD. Zastosowana specjalistyczna kamera pozwala na generowanie informacji 67 bitowej, którą sterownik PLC współpracujący z kamerą, poprzez swój układ wejść binarnych komponuje w uporządkowany ciąg bitów [1, 2], pełniący rolę geometrycznego wzorca 2D

rozpoznawanego przedmiotu. Wzorzec ten przesyłany jest do komputera nadrzędnego TV systemu, który przez porównanie z rezydującymi tam (przygotowanymi z góry) szablonami-wzorcami przez komputer nadrzędny uzyskuje się status przedmiotu rozpoznawanego, dla którego ustalany jest kreskowy kod identyfikujący. Ten zaś przesyłany do drukarki pozwala na wygenerowanie odpowiedniej etykiety, która przez prosty manipulator naklejana jest na przedmiocie przeznaczonym do obróbki. Warunkiem poprawnego działania całego układu identyfikującego przedmioty jest zapewnienie warunku zachowania orientacji oznakowanego przedmiotu na przenośniku, dzięki czemu odczytywania naklejonych etykiet z kodem kreskowym zachowa swoją orientację i umożliwi odczytanie informacji zapisanej kodem kreskowym przez czytnik.

4.2. Podsystem dekodowania informacji – czytnik kodów

Drugim elementem tworzonej struktury jest podsystem odczytywania kodów kreskowych identyfikujących przedmioty – podsystem dekodowania informacji. Tworzy go: stanowisko do odczytywania kodów kreskowych z przedmiotów, komputer nadrzędny zrobotyzowanego systemu technologicznego DNC oraz baza danych CAM. Działanie układu jest następujące: pojawienie się oznaczonego kodem kreskowym przedmiotu jest wykrywane przez odpowiedni czujnik zbliżeniowy (CP, rys. 4) zainstalowany przed stanowiskiem do odczytywania kodów kreskowych. Impuls z tego czujnika, informuje komputer DNC o pojawieniu się przedmiotu. Komputer wstrzymuje na chwilę ruch przenośnika, w celu stworzenia dogodnych warunków do odczytania zapisanej kodem informacji. Informacja ta, sformatowana jako ciąg bitów, przez sterownik PLC współpracujący z czytnikiem, przesyłana jest złączem RS232 do komputera DNC, który w bazie CAM wyszukuje odpowiednich programów sterujących dla obrabiarki CNC (OSN), na której realizowany będzie proces technologiczny obróbki przedmiotu oraz program sterujący dla robota zawierający sekwencję zadań manipulacyjnych (wymiana chwytaka na odpowiedni dla manipulowanego przedmiotu, program pobierania przedmiotu z taśmociągu i zakładania go na obrabiarkę CNC, oraz pobierania go z obrabiarki po obróbce i odkładania w odpowiednim magazynie wyjściowym – sortowanie). Odczytywanie kodów kreskowych z przedmiotów realizowane jest przez czytnik Intermec ScanPlus 1800. Został on sprzężony ze sterownikiem PLC GE Fanuc VersaMax, którego zadaniem jest odbieranie informacji z czytnika kodów i przetwarzanie jej na odpowiedni format impulsów (bitów). Wygenerowana przez PLC sekwencja bitów, przez bramkę DNC, za pośrednictwem złącza RS232 lub RS485, importowana jest do komputera nadrzędnego systemu DNC, który zidentyfikowany identyfikuje przedmiot. Stany awaryjne systemu, np. błąd odczytu, brak programów sterujących jest sygnalizowane odpowiednim komunikatem dla operatora. Wzajemna komunikacja komputera TV z komputerem DMC umożliwia śledzenie przepływu strumienia materiałowego i generowanie stosownych komunikatów o przebiegu realizowanej produkcji.

Wykorzystany w układzie czytnik kodów kreskowych wymaga skalibrowania, dzięki któremu konfiguruje się parametry czytnika i komunikacji z odbiornikiem informacji zawartych w czytanych kodach (w tym przypadku jest to sterownik PLC) przez port szeregowy RS232. Konfigurację można wykonać wg dwóch sposobów, korzystając z:

- odpowiedniego specjalistycznego oprogramowania narzędziowego, właściwego dla wykorzystywanego czytnika – dla czytnika Intermec ScanPlus 1800 jest to pakiet EasySet,

- kart programowanych z odpowiednimi konfiguracyjnymi kodami kreskowymi. Poprzez skanowanie kodów można też wydawać czytnikowi polecenia takie jak przywrócenie ustawień fabrycznych, konfigurować dźwięk jakim czytnik reaguje na skanowanie kodu a także dodawać do skanowanego kodu prefiksy i sufiksy. Przykładowe kody konfiguracyjne przedstawiono na rysunku 5.

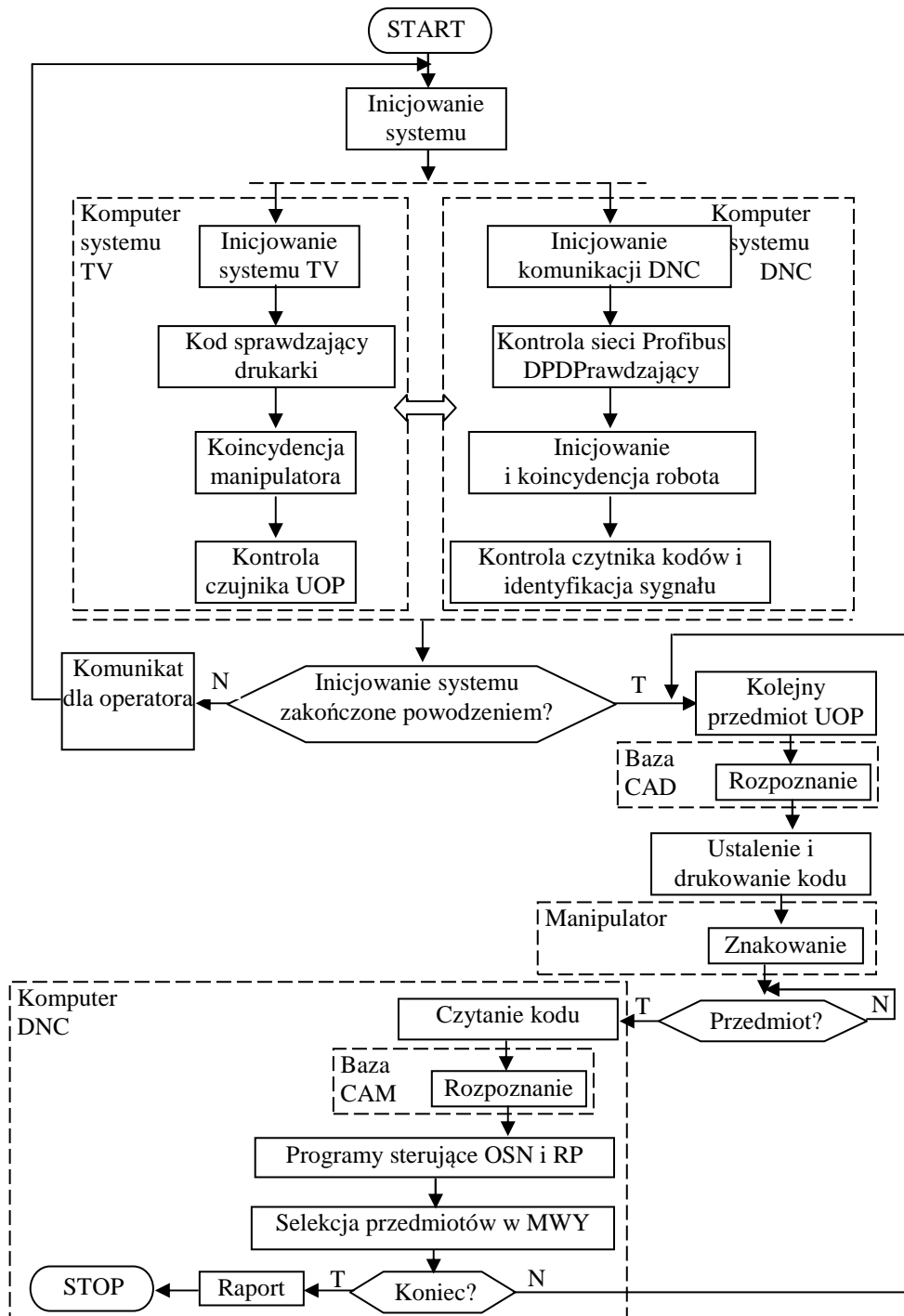


Rys. 5. Przykładowe kody konfiguracyjne czytnika kodów kreskowych

W analizowanym systemie planuje się wykorzystanie drugiego sposobu, jako bardziej wygodnego i nie wymagającego demontażu istniejących połączeń.

4.3. Podsystem technologiczny

Trzecim podsystemem jest zrobotyzowany system technologiczny składający się z obrabiarki sterowanej numerycznie (OSN) z układem sterowania CNC, dzięki czemu możliwa jest w szerokim zakresie integracja informatyczna wszystkich składników (podsystemów) całej struktury technologicznej objętej omawianym zadaniem. Wszystkie elementy systemu zrobotyzowanego zostały sprzężone siecią PROFIBUS DP [6, 7] o strukturze magistrali, w której układ sterowania robota pełni rolę Mastera w procesie obsługi. Zadanie to jest inicjowane odpowiednią dyrektywą komputera nadrzędnego. Komputer DNC diagnozuje pracę całego systemu i umożliwia importowanie programów sterujących na obrabiarkę CNC poprzez bramkę DNC, gdyż układ sterowania obrabiarki nie jest wyposażony w kartę komunikacji sieciowej PROFIBUS DP. Dodatkowo, że względu na zastosowanie detektorów obecności przedmiotów obrabianych np. na transporterze, w magazynach wyjściowych, konieczne jest również zintegrowanie całego systemu siecią połączeń binarnych, umożliwiających również detekcję stanów obrabiarki przez robota (stany start/stop). Procedura dynamicznego sterowania pracą systemu, wynikająca z informacji związanej z rozpoznaniem przedmiotem, oparta jest na algorytmie pokazanym na rysunku 6.



Rys. 6. Algorytm dynamicznego sterowania zrobotyzowanym systemem produkcyjnym opartym na identyfikacji przedmiotów obrabianych

Warunkiem poprawnego funkcjonowania całego systemu sterowania przepływem strumienia materiałowego w systemie jest przygotowanie zawczasu baz danych CAD i CAM. Baza CAD wymaga opracowania wzorców-identyfikatorów przedmiotów kwalifikowanych do systemu, zaś baza CAM zawiera, związane z wygenerowanym przez stanowisko systemu wizyjnego kodem paskowym, pliki programów sterujących dla robota i obrabiarki CNC.

Po skonfigurowaniu czytnika, ustawieniu połączeń RS oraz połączeń sieciowych: binarnych i informatycznych (ramka Profibus) oraz opracowaniu bazy danych CAD (wzorce geometryczne) i CAM (programy sterujące) układ może podjąć działania technologiczne.

Bardzo ważnym elementem wpływającym na współdziałanie wszystkich składników systemu oraz gwarantującym jego ciągłą pracę jest zsynchronizowanie przenośnika taśmowego wykorzystanego w systemie, tj. prędkości przesuwania się taśmy, z prędkością drukowania i naklejania kodów na poszczególne elementy. Zadanie to spełnia, dedykowany dla układu, specjalny manipulator poziomy X-Y, którego zadanie sprowadza się do pobrania z podajnika drukarki (zassanie przez odpowiednią przyssawkę) naklejki i przyklejenie jej na wybraną powierzchnię identyfikowanego systemem wizyjnym przedmiotu. Opracowując projekt prezentowanego systemu rozważano możliwość zastosowania różnych urządzeń pozwalających na nanoszenie kodu kreskowego na powierzchnię przedmiotów (np. odpowiednich drukarek laserowych). Kryteria doboru odpowiedniego urządzenia powinny wynikać z konieczności uwzględnienia odpowiednich warunków konstrukcyjnych przedmiotu (tworzywo, wielkość powierzchni znakowanej i dostęp do niej) i technologicznych (czystość powierzchni znakowanej przed i po obróbce). Wydaje się, że najbardziej odpowiednim rozwiązaniem będzie urządzenie umożliwiające drukowanie etykiet, które będą naklejane na powierzchnie rozpoznawanego przedmiotu przez manipulator.

Zaproponowany w projekcie powierzchniowy manipulator X-Y jest w fazie opracowywania koncepcyjnego i konstrukcyjnego. Zaproponowano, by umożliwić klejenie wygenerowanych etykiet z kodem kreskowym w ruchu zsynchronizowanym z prędkością przemieszczania się przedmiotu na przenośniku. W tym celu opracowuje się również algorytm sterowania manipulatorem, którego algorytm powinien współpracować z układem sterowania przenośnika. Układ ten umożliwi programowe sterowanie prędkością przesuwania się taśmy za pomocą specjalistycznego oprogramowania (napęd SEW ze sterownikiem) [6, 7] z komputera DNC.

Zaprezentowany w pracy system obecnie znajduje się w fazie realizacji w Instytucie Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania (IAPTIZSW). Na obecnym etapie skonfigurowano zrobotyzowany system technologiczny oraz stanowisko z czytnikiem kodów. W opracowaniu jest baza danych CAM z programami sterującymi dla robota i OSN, zaś szczególne starania autorów koncentrują się na pozyskaniu omówionego w pracy systemu wizyjnego.

5. Wnioski

Niniejsza praca powstała z myślą o rozszerzeniu możliwości istniejącego w IAPTIZSW zrobotyzowanego systemu technologicznego [6, 7] w zakresie sterowania pracą systemu, szczególnie w zakresie dynamicznego modelowania algorytmu sterującego w funkcji realizowanego programu produkcji. Działania te mają na celu doprowadzenie do całkowitej autonomiczności stanowiska i ograniczeniu roli obsługi do funkcji nadzorczych.

Wybór zaproponowanych w projekcie rozwiązań dotyczących standardu kody kreskowego (zastosowano standard kodu liniowego), zastosowanego systemu wizyjnego i układu odczytującego podyktowany jest z jednej strony potrzebami (przyjętymi założeniami), jak i możliwościami ich pozyskania.

Zaproponowane rozwiązanie kwalifikuje przedstawiony system identyfikacji do systemów zamkniętych pracujących w trybie on-line.

Literatura

1. ASTOR Edukacja: Sterowniki programowalne GE Fanuc serii VersaMax, Podręcznik użytkownika.
2. Dzierżek K.: Programowanie sterowników GE Fanuc. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok, 2007.
3. Jerczyńska M., Korzeniowski A.: Kody kreskowe: rodzaje, standardy, sprzęt, zastosowania. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2000.
4. Majewski J.: Informatyka dla logistyki. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2000.
5. Systemy wizyjne OMRON. Technical library 2007/2008. DVD. OMRON Europe B.V., www.omron.pl.
6. Kost G.G., Reclik D.: Zarządzanie przepływem informacji w zrobotyzowanym systemie wytwarzania. Materiały XI Konferencji Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, 2007.
7. Kost G.G., Reclik D.: Sterowanie produkcją oparte na sieciach field bus. Materiały XII Konferencji Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Polskie Towarzystwo Zarządzania Produkcją, 2008.

Dr hab. inż. Gabriel G. KOST, prof. Pol. Śl.

Mgr inż. Daniel RECLIK

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych

i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

Politechnika Śląska w Gliwicach

44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18A

tel.: (0-32) 237 16 09, (0-32) 237 14 02

fax: (0-32) 237 16 24

e-mail: gabriel.kost@polsl.pl

daniel.reclik@polsl.pl