

Daniel RECLI, Gabriel G. KOST, Jerzy ŚWIDER

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH, WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY

Protokół CAN w systemie sterowania B&R magazynem regałowym

Mgr inż. Daniel RECLI

Ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach w 2006r. uzyskując tytuł magistra inżyniera mechanika w specjalności Automatyka i Robotyka. Obecnie przygotowuje pracę doktorską realizując studia doktoranckie. W swojej działalności naukowej zajmuje się zagadnieniami planowania bezkolizyjnego ruchu i programowania off-line robotów manipulacyjnych oraz zagadnieniami związanymi z systemami CAD i sterownikami PLC w systemach automatyki przemysłowej.

e-mail: daniel.recli@polsl.pl



Prof. dr hab. inż. Jerzy ŚWIDER

Ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, gdzie w 1981 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych, a w 1992 roku uzyskał stopień naukowy doktora habilitowanego. W 2000 roku został profesorem zwyczajnym. Obecnie jest Dziekanem Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej. Jego zainteresowania naukowe obejmują następujące dziedziny: mechanika, mechatronika, automatyka, systemy CAD/CAM i robotyka.

e-mail: jerzy.swider@polsl.pl



Dr hab. inż. Gabriel G. KOST

Ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, gdzie w 1991 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych, a w 2005 roku uzyskał stopień naukowy doktora habilitowanego w specjalności Budowa i Eksploatacja Maszyn. W swojej działalności naukowej zajmuje się zagadnieniami komputerowego wspomagania prac inżynierskich z zakresu technologicznego przygotowania produkcji, a w szczególności integracji i programowania zrobotyzowanych systemów technologicznych.

e-mail: gabriel.kost@polsl.pl



Streszczenie

W artykule opisano budowę, konfigurację sprzętową i system sterowania magazynem regałowym wysokiego sterowania z robotem portalowym oparty na sterowniku PLC B&R typu Power Panel 220. Układ sterowania magazynem składa się z jednostki CPU zintegrowanej z panelem dotykowym oraz układu wejść i wyjść. Wymiana informacji pomiędzy jednostką CPU sterownika PLC i zewnętrznymi modułami wejść i wyjść przebiega po wewnętrznej sieci CAN. Przedstawiony system sterowania firmy B&R jest rozwiązaniem modułowym, z możliwością przyłączania do systemu kolejnych modułów wejść i wyjść w oparciu o stację dokującą obsługującą protokół CAN. Przedstawione rozwiązanie może być stosowane do sterowania robotami 6-cio osiowymi, procesami technologicznymi, a także do zdalnej, automatycznej akwizycji danych.

Słowa kluczowe: sterownik PLC, serwonapęd, protokół CAN, automatyka, magazyn wysokiego składowania.

CAN Protocol in high-storage warehouse diffuse controlling system

Abstract

This paper describes the construction, configuration and the control system of the high-storage warehouse portal manipulator based on B&R PLC controller, PowerPanel 220 type. The control system of the warehouse consists in integrated CPU unit with touch panel and distracted input and output system. The information exchange process between CPU unit of PLC controller and input and output modules proceed on internal CAN net. The B&R steering system represents module solution. To connect the input and output module with system is possible by using the docking module node, which can connect the internal CAN data bus system. Presented solution may be use for steering of 6 axes robots, technological processes and, more over, remote acquire data from warehouse area.

Keywords: PLC Controller, Servo, CAN protocol, automation, high-storage warehouse.

1. Wstęp

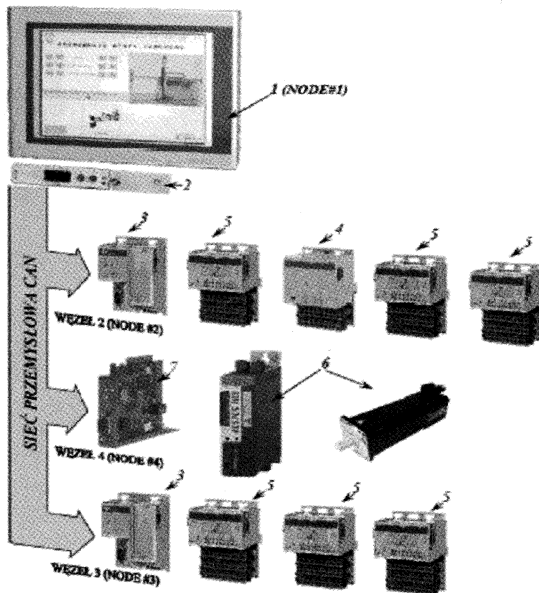
Podstawą zaawansowanych rozwiązań przemysłowych w zakresie automatyzacji i robotyzacji produkcji jest integracja informacyjna oparta na sieciach typu fieldbus (np. Profibus, Ethernet, CAN i inne).

Zastosowanie rozwiązań sieciowych do pozyskiwania i rozprowadzania informacji w systemach produkcyjnych pozwala na rozbudowę tych systemów dzięki możliwości znacznego uproszczenia struktur systemów sterowania [1]. Łatwość transmisji informacji, nawet na znaczne odległości, możliwość różnicowania struktur przesyłanych porcji informacji (tzw. paczek), oraz sposób korzystania przez odbiorców z transmitowanych informacji powodują, że sieci stwarzają znacznie większe możliwości w zakresie sterowania systemami produkcyjnymi i to niezależnie od ich złożoności organizacyjnej. m.in. poprzez konfigurowanie systemów sterowania rozproszonego [1, 2, 3]. Przykładem może być sieć CAN, z protokołem CANOpen, który umożliwia podłączenie wielu modułów wejść i wyjść bez konieczności stosowania pośrednich sterowników PLC nawet na znaczne odległości. Protokół CAN znacznie upraszcza proces sterowania rozproszonego systemem technologicznym oraz zapewnienia wysoki poziom bezpieczeństwa i pewności pozyskiwanej drogą siecią informacji. Bazuje na wysyłaniu i odbieraniu komunikatów. Stosowania rozwiązania bazującego na komunikatach, a nie na adresach, umożliwia odbieranie informacji przez wiele odbiorników jednocześnie (tzw. węzły sieci CAN), co zwiększa szybkość przepływu informacji (np. danych pomiarowych) w stosunku do rozwiązania standardowego jakim jest tzw. system szeregowy [1], gdzie proces ten zachodzi kolejno dla wszystkich węzłów sieci. W ten sposób używane pasmo transmisyjne zostaje zminimalizowane. Kolejna cecha protokołu CAN mająca na celu ograniczenie pasma transmisyjnego nosi nazwę zdalnego żądania transmisji (Remote Transmit Request [1, 4, 5]) i pozwala węzłowi sieci zgłosić żądanie wysłania informacji przez inne węzły. Rozwiązanie to szczególnie przydatne jest w czasie wykonywania procedur diagnostycznych, podczas których możliwe jest zgłaszanie żądania informacji od wybranych węzłów, np. mniej znaczących dla poprawności działania całego procesu tylko wtedy, gdy zostanie wykryta sytuacja awaryjna, zamiast nakazywać wszystkim stacjom okresowe wysyłanie informacji o stanie sterowanego układu. Dodatkowo, magistrała CAN, dzięki tzw. ograniczeniu błędów (Fault Confinement) zapobiega zatrzymaniu całego systemu, w przypadku wystąpienia problemu z jednym węzłem. Węzły CAN mogą dokonywać samodiagnostyki i w zależności od wagi problemu (np. trwały/tymczasowy), przejść w wybrany tryb pracy, z całkowitym zatrzymaniem pracy węzła włącznie, co uniemożliwia blokowanie komunikacji w sieci poprzez nieprzerwane generowanie komunikatów o błędach [1, 5, 6, 7, 8].

2. Układ sterowania B&R oparty na protokole CAN

Omawiany w pracy układ sterowania bazujący na magistrali CAN, implementowany został w magazynie regałowym wysokiego składowania, w którym urządzeniem podającym i odkładającym przedmioty był robot portalowy sterowany układem PLC Power Panel 220 (PP220 [4, 5, 6, 7, 8]) firmy B&R, z aktywnym panelem dotykowym i interfejsem CAN.

Rozwiązanie takie umożliwiło utworzenia zintegrowanej struktury sieciowej całego magazynu z systemem manipulacji włącz-
nie, na bazie sieci CAN. W omawianym projekcie zastosowano kartę IF771 [8, 9] (rys. 1) do obsługi wewnętrznej sieci CAN z możliwością przyłączania węzłów (obiektów sieci CAN) innych producentów poprzez zastosowanie emulacji protokołu CANOPEN [9].



Rys. 1. Struktura układu sterowania bazująca na magistrali CAN: 1-sterownik PLC Power Panel 220 firmy B&R, 2-karta IF771 obsługi sieci CAN, 3-stacja dokująca modułów I/O pracująca w sieci CAN typ CX470, 4-moduł wejść i wyjść cyfrowych i analogowych CM211, 5-moduł wejść cyfrowych DI439, 6-serwowzmacniacz B&R ACOPOS 1016 wraz z silnikiem serii 8MSA3M, 7-karta rozszerzająca możliwości serwowzmacniacza o obsługę komunikacji po sieci CAN typu 8AC110.60-2

Fig. 1. Control system structure basing on CAN bus: 1- PLC Controller B&R Power Panel 220, 2-IF771 card with CAN bus interface, 3- I/O module connector based on CAN protocol- CX470 module, 4-CM211 module of digital and analog inputs and outputs, 5-DI439 module of digital inputs, 6-B&R ACOPOS 1016 servo amplifier with 8MSA3M servo engine, 7-8AC110.60-2 servo amplifier CAN bus connection card

Tak wyposażony sterownik PP220 stanowi pierwszy węzeł zaprojektowanej sieci CAN. Do powstałej jednowęzłowej sieci CAN dołączono węzły wykonawcze w postaci modułów wyjściowych cyfrowych i analogowych. oraz stacji dokujących sieci CAN. Zastosowano stacje dokujące EX470 (rys. 1), które utworzyły kolejne węzły sieci (NODE#2 i NODE#3). W dalszej kolejności, do węzła drugiego - stacji dokującej - podłączono moduł wejść i wyjść analogowych i cyfrowych CM211 [6, 8, 9] (rys. 1). Pozwoliło to na podłączenie do układu zaworów proporcjonalnych ciśnienia oraz pneumatycznej wyspy zaworowej, a tym samym sterowanie pracą siłowników - elementów wykonawczych. zastosowanego układu manipulacji (robota). Opracowany układ sterowania magazynu zastosowano również do jego ciągłego nadzoru. W celu zagwarantowania pewności pozyskiwanej z układu manipulacyjnego informacji o jego położeniu, wykorzystano układ sensorów położenia związany z tłoczkami siłowników pneumatycznych robota [3] (w tym także enkodera pomiarowego). Problem ten rozwiązano dołączając do węzła 2 i 3 utworzonej sieci CAN (stacji dokujących) moduły wejść cyfrowych DI439 [8, 9] (rys. 1). Tak skonfigurowany sprzętowo układ sterowania magazynem umożliwił realizację większości postawionych zadań. Jednakże w magazynach sterowanych automatycznie zachodzi konieczność dokładnego pozycjonowania układu manipulacyjnego, w celu dokładnego ustalenia miejsc odkładania i pobierania magazynowanych przedmiotów. Warunek ten umożliwia wyeliminowanie konieczności zastosowania funkcji „szukania przed-

miotów” w algorytmie programu sterującego robota i ułatwia procedurę identyfikacji przedmiotów. W tym celu do układu przyłączono oś sterowaną numerycznie [3]. Zastosowano serwonapęd B&R z inteligentnym sterownikiem ruchu ACOPOS 1016 [8, 9] (rys. 1), który doposażono w interfejs sieci CAN i kartę rozszerzającą 8AC110.60-2 [8, 9] (rys. 1). tak rozbudowany serwowzmacniacz utworzył kolejny, czwarty węzeł sieci CAN w magazynie (NODE#4). W ten sposób utworzona została w pełni funkcjonalna struktura autonomicznego układu sterującego bazująca na magistrali sieci przemysłowej CAN.

Warto podkreślić, że zastosowane rozwiązanie sieciowe wymaga, aby każdy nowy węzeł sieci miał nadany stały numer węzła, o wartości innej od już istniejących w systemie. Numer węzła ustalany jest za pomocą dwóch nastaw mechanicznych (przełączników 16 pozycyjnych obrotowych do ustawiania zgrubnego i dokładnego), które ustalają numer w kodzie heksadecymalnym (np. nastawy 0 i F to numer 16) [8, 9].

3. System manipulacji magazynu

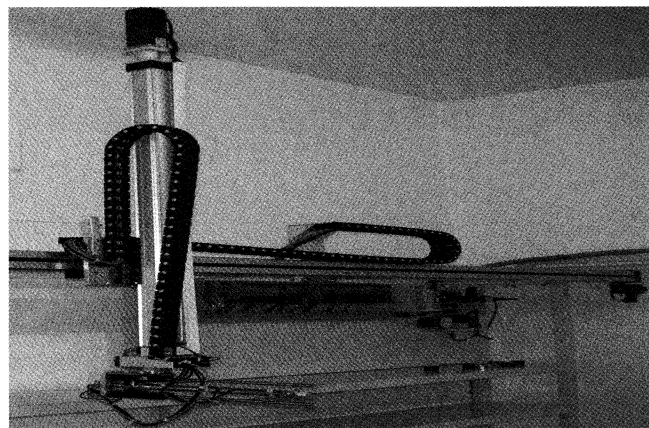
Obsługę magazynu regałowego oparto na systemie indeksowania miejsc odkładczych, polegającego na przypisaniu każdemu z nich odpowiedniego, niepowtarzalnego indeksu cyfrowego, z którym związane są jednoznacznie współrzędne tego miejsca, wg zasady:

INDEKS_M(A,B)

gdzie:

- A – oznacza nr regału określony wg przyjętej reguły,
- B – nr miejsca składowania określonego dla danego regału.

Aby zapewnić możliwość obsługi indeksów magazynowych przypisanych każdemu miejscu w magazynie, wg których umożliwia wstawianie go i odkładanie wg niego przedmiotów pobieranych z procesu produkcyjnego i odkładanych w magazynie oraz wydawaniu na „żądanie” właściwych przedmiotów do punktu odbiorczego, konieczne było zastosowanie zintegrowany manipulator o 4 stopniach swobody z napędem elektropneumatycznym (rys. 2).

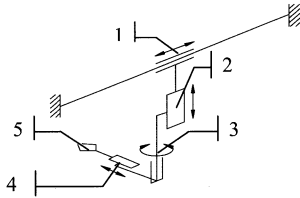


Rys. 2. Manipulator elektropneumatyczny magazynu wysokiego składowania
Fig. 2. Electropneumatic manipulator of the high-storage warehouse

W łańcuchu kinematycznym manipulatora obsługującego magazyn wysokiego składowania (rys. 3) można wyróżnić następujące moduły:

- moduł ruchu poziomego -1,
- moduł ruchu pionowego -2,
- moduł obrotu ramienia chwytanego - 3,
- moduł wysięgu ramienia chwytanego - 4,
- moduł zmieniacza chwytaków wraz z chwytakiem - 5.

Podział ten wynika z konieczności zrealizowania przez robota odpowiedniej sekwencji ruchów związanych z pobieraniem i odkładaniem przedmiotów na wyznaczone w programie miejsca w magazynie.



Rys. 3. Schemat kinematyczny 4 osiowego manipulatora portalowego zintegrowanego z magazynem wysokiego składowania
 Fig. 3. Kinematic chain of the 4 axes electro-pneumatic manipulator

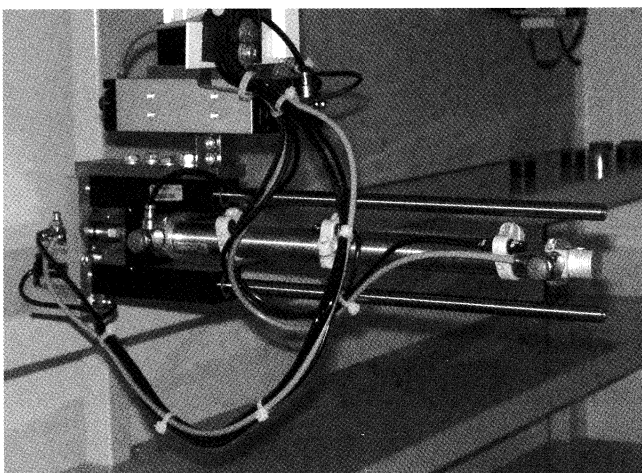
Napęd robota zbudowano w oparciu o elementy elektropneumatyki f-my Norgren Herion [10]. I tak, do napędu osi poziomej, zintegrowanego z magazynem wysokiego składowania manipulatora, zastosowano siłownik pneumatyczny bezłoczyskowy dwustronnego działania LINTRA M46140/M/2500. Siłownik wyposażono dodatkowo w układ usztywniających prowadnic wózka, dzięki czemu uzyskano znaczną sztywność układu, co w rezultacie zwiększyło dokładność pozycjonowania, konieczną przy precyzyjnym pobieraniu elementów z magazynu oraz przy wymianie chwytaków. Zasilanie napędu poziomego odbywa się poprzez zawory proporcjonalne E/P VP1006BJ101A00. Do pomiaru bieżącego położenia poziomego manipulatora przewidziano enkoder inkrementalny firmy Wobit ze zintegrowanym przetwornikiem linkowym o zakresie pomiarowym 2500mm. Ze względu na wymaganą bardzo dużą dokładność pozycjonowania, do realizacji napędu osi pionowej, zdecydowano się zastosować bezłuzową przekładnię śrubowo - toczną w obudowie typu M/49132A/BS/052/750 (Norgren Herion).

Na podstawie ustalonych parametrów pracy dobrano napęd B&R [5, 9] typ 8MSA3M.E0-I6-Rev.D1 sterowany wzmacniaczem ACOPOS 1016

Ramię chwytne manipulatora zbudowane zostało z dwóch modułów (rys. 3) :

- wysuwnego, realizującego ruch postępowy - 4,
- obrotowego, realizującego obrót ramienia - 5.

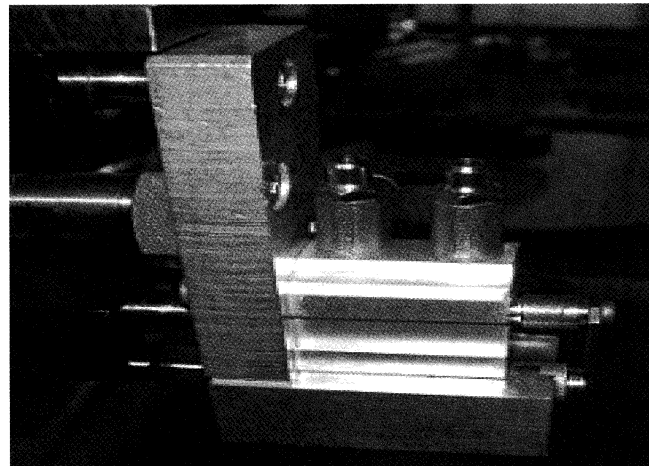
Na rysunku 4 pokazano widok ramienia chwytne robota z elementami ruchu postępowego i obrotowego.



Rys. 4. Ramię manipulatora magazynu wysokiego składowania
 Fig. 4. Arm of the high-storage warehouse's manipulator

Do obrotu ramienia chwytne (rys. 3, 4) wokół osi pionowej (rys. 3, poz. 3) użyto siłownika pneumatycznego obrotowego dwustronnego działania o zakresie ruchu roboczego 180° typu M/60272/M/180 [10]. Aby uzyskać możliwość manipulacji przedmiotami wewnątrz półek magazynu, zastosowano moduł wysięgu ramienia (rys. 3, poz. 4), zbudowany z pneumatycznego siłownika tłoczkowego dwustronnego działania typu RM/8021/M/250 [10] ze zintegrowanym prowadnikiem usztywniającym typu QM/8021 [10].

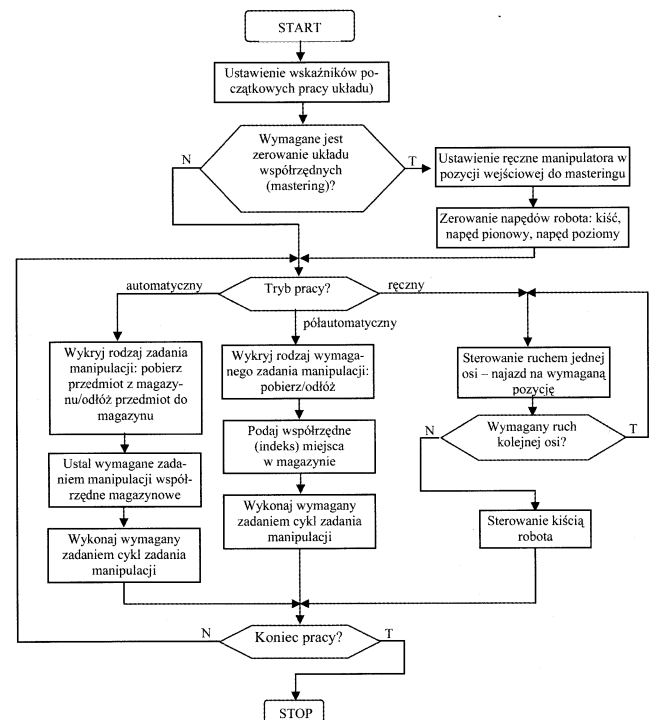
Ramię chwytne manipulatora wyposażone zostało w automatyczny zmieniacz chwytaków. Na rysunku 5 pokazano zmieniacz chwytaków, który został wykonany w oparciu o siłownik dwustronnego działania serii mini [10].



Rys. 5. Zmieniacz chwytaków
 Fig. 5. Automatic grippers changing system

4. Procedura uruchomienia układu sterowania B&R

Algorytm logiczny sterowania magazynem regałowym (rys. 6) bazuje na magistrali sieci CAN i protokole CANOpen.



Rys. 6. Blokowy schemat logiczny algorytmu sterowania magazynem regałowym z manipulatorem B&R

Fig. 6. Logical diagram of the high-storage warehouse with B&R manipulator controlling diagram

Algorytm opracowano przy założeniu, że powinien on spełniać w możliwie jak najszerszym zakresie warunków elastyczności sterowania, polegający na swobodnym wyborze trybu pracy układu (tryb ręczny, półautomatyczny i automatyczny [3]) z jednoczesnym automatycznym śledzeniem stanu zajętości miejsc składo-

wania przedmiotów w magazynie. Ponieważ napęd zaprojektowanego do obsługi magazynu robota portalowego bazuje na napędach z enkoderami nieabsolutnymi (inkrementalnymi), konieczne jest uruchomienie procedury koincydencji, czyli masteringu napędów, mającego na celu ustawienia „zer” układu współrzędnych każdego z nich przed każdorazowym uruchomieniem układu. Dzięki temu zabiegowi wszystkie napędy „odzyskują” wspólny zsynchronizowany punkt odniesienia, przez co możliwe jest poprawne, precyzyjne geometrycznie, względem jednoznacznie ustalonych miejsc odkładczych przedmiotów, sterowanie ruchami pozycjonującymi manipulatora. Opracowany algorytm sterujący należy do algorytmów z tzw. zmienną postacią geometryczną, co oznacza, że pełny, aktualnie wykorzystywany algorytm sterujący, konfigurowany jest z algorytmów niższego stopnia, dostępnych w bibliotece systemu sterowania, zależnie od ustawionych przez operatora parametrów pracy, takich jak: zerowanie napędów, praca w trybie ręcznym, automatycznym itp. Dodatkowo w procedurze sterowania magazynem przyjęto założenie, że magazyn zawsze dysponuje zawsze wystarczającą liczbą przedmiotów, które mogą zostać pobrane przez manipulator. Zatem w magazynie nigdy nie wyczerpią się zasoby wolnych miejsc odkładczych i nigdy nie wyczerpią się zasoby przedmiotów składowanych już w magazynie.

Na podstawie przygotowanego algorytmu opracowano w dedykowanym dla napędów B&R systemie B&R Automation Studio oprogramowanie systemowe inicjowane z panelu operacyjnego magazynu (panel dotykowy).

5. Podsumowanie

Zastosowane przez autorów rozwiązanie stanowi przykład wykorzystania sterowania opartego na sieci typu fieldbus. Wykorzystany w układzie sterownik PLC firmy B&R pozwala na przyłączenie 255 węzłów podstawowych sieci CAN, co umożliwia

znaczne rozbudowanie układu sterowania i zwiększenie jego możliwości. Rozwiązanie takie zapewnia bezpieczne i funkcjonalne sterowanie dla wielu różnych podukładów automatyki przemysłowej jednocześnie. Zastosowanie tego typu rozwiązań sieciowych pozwala, dla rozległych układów automatyk, znacząco ograniczyć ich rozbudowę, szczególnie pod kątem liczby wykorzystanych sterowników. To zaś pozwala zmniejszyć koszty układu sterowania, przy jednoczesnym zwiększeniu przejrzystości połączeń (ograniczenie okablowania) przy dużej łatwości identyfikacji sygnałów wejściowych i wyjściowych i pewności ich transmisji.

6. Literatura

- [1] T. Legierski: Programowanie sterowników PLC, Wydawnictwo Jacka Skalmierskiego, Gliwice 1998
- [2] A. Ruda, R. Olesiński: Sterowniki programowalne PLC, Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictwa Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Warszawa 2005.
- [3] J. Świder, G. Wszolek, D. Reclik: High storage system as an additional module for the Modular Production System (MPS), Machine-Building and Technosphere of the XXI Century, Sevastopol. 2006
- [4] B&R Automation Studio. Programming, B&R Industrie-Elektronik. 2001.
- [5] Controls, Motions, Operator Interface, Communications, B&R 2003.
- [6] Katalog B&R, B&R PC Innovations, B&R 2002.
- [7] Katalog B&R, X20 System, B&R 2004.
- [8] Pliki pomocy aplikacji B&R Automation Studio.
- [9] www.br-automation.com.
- [10] Katalog Norgren Herion, PNEUMATYKA, Norgren Herion 2002.

Artykuł recenzowany

INFORMACJE

Prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak Doktor Honoris Causa Żylińskiego Uniwersytetu w Żylinie



W dniu 16 listopada 2007 roku prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak, Dziekan Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach, członek Komitetu

Metrologii i Aparatury Naukowej i Komitetu Budowy Maszyn PAN, członek Rady Programowej czasopisma *Pomiary Automatyka Kontrola*, kierownik Katedry Technologii Mechanicznej i Metrologii otrzymał tytuł Doktora Honoris Causa Żylińskiego Uniwersytetu w Żylinie. Słowacka uczelnia uhonorowała go za wybitne naukowe i dydaktyczne osiągnięcia i za trzydziestoletnią naukową współpracę z Żylińskim Uniwersytetem.

Profesor Stanisław Adamczak zajmuje się zagadnieniami metrologii w budowie maszyn i systemami zarządzania jakością. Jego dorobek naukowy to 103 oryginalne publikacje oraz 121 referatów. Jest autorem patentów i opracowań wdrożonych w wielu zakładach przemysłowych w kraju i zagranicą (między innymi w Anglii, Szwajcarii, Czechach, Słowacji i Indiach). Profesor Stanisław Adamczak jest członkiem wielu rad naukowych w kraju i zagranicą między innymi od ponad dziesięciu lat jest członkiem Rady Wydziału Mechanicznego Żylińskiego Uniwersytetu i visiting profesor Technicznego Uniwersytetu w Wiedniu. Jest pierwszym reprezentantem Polski, który otrzymał to zaszczytne wyróżnienie.