

## KIERUNKI I UWARUNKOWANIA ROZWOJOWE ŚRODKÓW OBSŁUGOWYCH PROCESÓW SKŁADOWANIA REGAŁOWEGO I KOMPLETACJI ŁADUNKÓW DLA SYSTEMÓW WSPÓŁCZESNEJ LOGISTYKI

*Streszczenie: przedstawiono kierunki i uwarunkowania dotyczące rozwoju najnowszych środków transportu bliskiego i magazynowania, stosowanych w komputerowo zintegrowanych systemach współczesnej logistyki. Scharakteryzowano postępy w zakresie tworzenia złożonych automatycznych układów dla systemów elastycznej produkcji i dystrybucji.*

### 1. WPROWADZENIE

Jednym z głównych warunków efektywnej realizacji procesów fizycznego przepływu strumieni materiałowych we współczesnych systemach logistycznych jest m.in. tworzenie właściwie zintegrowanych łańcuchów transportowo-magazynowych.

W odniesieniu do materiałów traktowanych jako surowce i półprodukty oraz towarów handlowych uformowanych w odpowiednie jednostki ładunkowe podstawowymi ogniwami łańcuchów budujących infrastrukturę współczesnych systemów transportu bliskiego i magazynowania są:

- ♦ środki manipulacji prostej – dźwignice,
- ♦ środki manipulacji złożonej – roboty i manipulatory,
- ♦ środki przenoszenia – przenośniki,
- ♦ środki przewozowego transportu bliskiego – pojazdy robocze,
- ♦ środki składowania – magazyny,
- ♦ środki obsługowe komputerowo zintegrowanych procesów składowania i kompletacji,
- ♦ środki automatycznego sterowania,
- ♦ środki automatycznej identyfikacji (towarów i ładunków),
- ♦ środki elektronicznej wymiany informacji (o towarach i ładunkach).

Na rysunku 1 podano klasyfikację rodzajową środków technicznych tworzących infrastrukturę zintegrowanych przepływów materiałowych i magazynowania w systemach logistycznych. Charakterystyka głównych trendów rozwojowych w zakresie automatyzacji środków transportu bliskiego i magazynowania jest przedmiotem niniejszego referatu.

## 2. DETERMINANTY ROZWOJOWE NOWOCZESNYCH ŚRODKÓW TECHNIKI LOGISTYCZNEJ – USTALENIA FORMALNE

Współczesny rozwój nowoczesnych środków techniki logistycznej jest ściśle związany z wymogami komputerowo-zintegrowanej automatyzacji procesów realizowanych w łańcuchach dostaw, a zatem ze:

- wzrostem ich wydajności i jakości,
- obniżką kosztów,
- skracaniem cykli decyzyjnych,
- ułatwieniem obsługi,
- zwiększaniem niezawodności działania,
- poprawą bezpieczeństwa pracy itp.

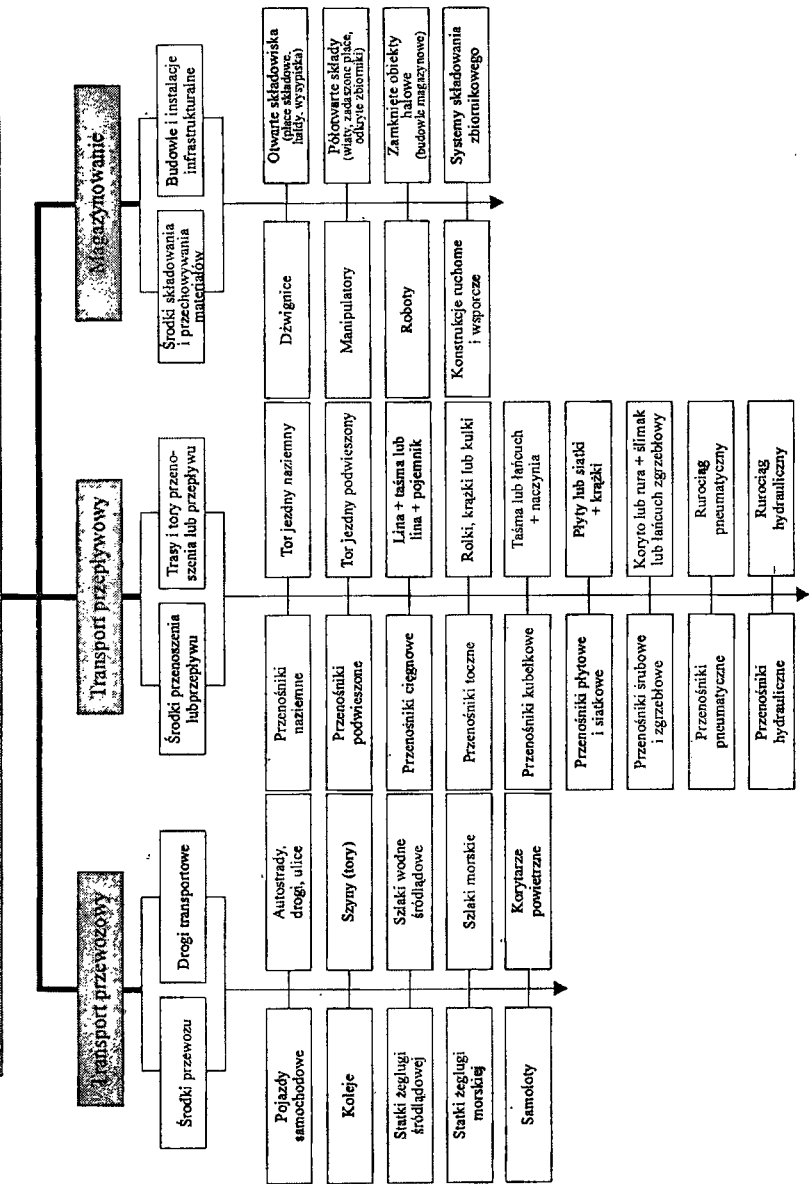
czyli typowymi czynnikami warunkującymi poprawę produktywności przedsiębiorstw w warunkach zaostrzającej się konkurencji, rosnących wymagań klientów, niepewnych prognoz i powtarzających się sytuacji kryzysowych na współczesnym rynku.

Na rysunku 2 przedstawiono ogólną strukturę systemu determinant rozwojowych współczesnej techniki logistycznej. System ten jest zmienny tym, że w wyniku ciągłego ulepszania przede wszystkim modułowych rozwiązań układów:

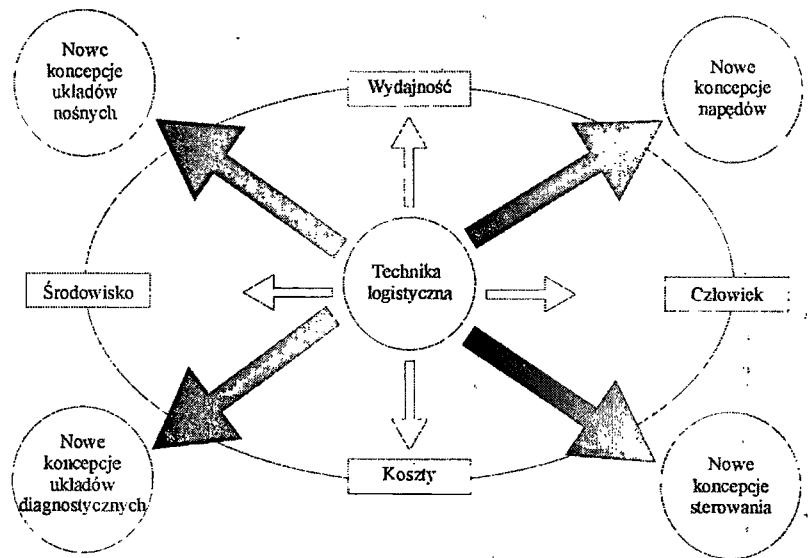
- o nośnych,
- o napędowych,
- o sterujących,
- o dźwignicowych,

następuje stały postęp w wartościach użytkowych implementowanych na ich bazie zarówno pojedynczych maszyn i urządzeń, jak również układów wielomaszynowych, funkcjonujących siłą rzeczy w określonym społecznym układzie: środowisko – człowiek oraz w określonym rynkowym układzie: wydajność – koszty.

# ŚRODKI TECHNICZNE TRANSPORTU I MAGAZYNOWANIA



Rys. 1. Klasyfikacja rodzajowa środków technicznych tworzących infrastrukturę zintegrowanych przepływów materiałowych i magazynowania w systemach logistycznych [opracowanie własne].



Rys. 2. Struktura systemu determinant rozwojowych współczesnej techniki logistycznej. [opracowanie własne]

Szczegółową charakterystykę kierunków i uwarunkowań w zakresie rozwoju modułowych układów sterujących w technice transportu bliskiego i magazynowania przedstawiono poniżej.

### 3. POSTĘPY W ZAKRESIE ROZWOJU UKŁADÓW STERUJĄCYCH

Świat automatyzacji znajduje się obecnie w fazie przełomu. Po rewolucji informatycznej IT (ang. *Information Technology*) w obszarze biurowym z pewnym opóźnieniem, ale z podobną intensywnością technologie informatyczne od połowy lat 90. wkroczyły również do przemysłu i obecnie silnie oddziałują na rozwój składników automatyzacji głównie w procesach wytwarzania, transportu i magazynowania. Spotykają się one tutaj ze szczególnym środowiskiem i specyficznymi wymaganiami, takimi jak: warunki czasu rzeczywistego, niezawodność, łatwość manipulacji, wpływ otoczenia oraz pewność inwestycji. Jasno dotąd zdefiniowane granice systemów w zakresie takich typów urządzeń automatyki i układów jak sterowniki PLC, układy sterowania numerycznego NC czy systemy kierowania wytwarzaniem SFC (ang. *Shop Floor Control*) coraz bardziej się zacierają. Dotychczasowe ich rozwiązania są wypierane przez systemy otwarte ze standardowymi interfejsami. W obszarze automatyzacji obserwuje się ciągły, szybki rozwój użytkowego oprogramowania. Dlatego też, oprócz wyrobów sprzętowych (urządzeń automatyki), na rynek wprowadzane są także samodzielne produkty programowe, a własności sprzętu są w coraz większym stopniu określane wymaganiami oprogramowania.

Znaczący postęp w budowie elementów i układów elektronicznych w ostatnich latach otworzył zupełnie nowe możliwości rozwoju przed producentami maszyn i urządzeń transportowo-magazynowych. Wiąże się to głównie z powstaniem nowej generacji

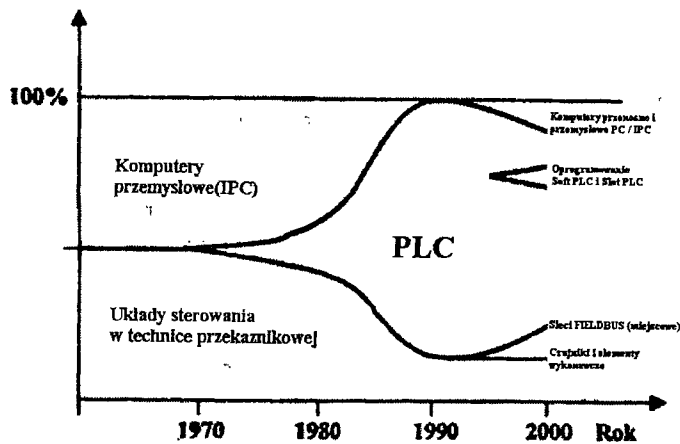
urządzeń automatyki przeznaczonych do budowy układów sterowania, które zostały określone jako sterowniki swobodnie programowalne PLC (ang. *Programmable Logic Controller*). Urządzenia te zastąpiły stosowane dotychczas układy sterowania oparte na połączonych ze sobą elementach przekaźnikowo-stycznikowych. Sterowniki PLC, w odróżnieniu od projektowanych i wykonywanych specjalnie dla określonych zastosowań „sztywnych” układów sterowania, są urządzeniami uniwersalnymi, które są produkowane seryjnie i mogą być stosowane w sterowaniu różnych obiektów.

Początki rozwoju sterowników PLC sięgają roku 1968 r. gdy w firmie General Motors zostały podjęte prace projektowe nad nową generacją sterowników, uwzględniające następujące założenia:

- łatwość programowania i przeprogramowywania układów, stosownie do zmieniających się zadań sterowania,
- łatwość utrzymania urządzeń w ruchu, z możliwością napraw przez szybką wymianę uszkodzonych modułów,
- większą niezawodność w warunkach przemysłowych, przy mniejszych gabarytach niż tradycyjny sprzęt przekaźnikowy,
- niskie koszty, porównywalne albo nawet niższe od tradycyjnych układów przekaźnikowych.

#### 4. CHARAKTER ZMIAN ZACHODZĄCYCH W ROZWOJU UKŁADÓW STEROWANIA

Charakter zmian zachodzących w rozwoju układów sterowania m. in. w obszarze transportu bliskiego i magazynowania ilustruje rys. 3.



Rys. 3. Charakterystyka zmian zachodzących w rozwoju układów sterowania [11].

Powszechnie uważa się, że rozwój zastosowań sterowników PLC nastąpił przede wszystkim dzięki:

- podobieństwu schematów drabinkowych używanych od początku w programowaniu PLC do stosowanych wcześniej schematów układów stycznikowo-przełącznikowych,
- zwiększeniu niezawodności komputerów przemysłowych IPC na tyle by mogły one działać w zanieczyszczonym środowisku przemysłowym,
- wprowadzeniu programowej kontroli obwodów wejściowych i wyjściowych oraz wielu innych możliwości diagnostyki systemowej i obiektowej,
- zaprojektowaniu specjalnego zbioru instrukcji, uwzględniających warunki przemysłowe, w których przebiegają sterowane procesy,
- zapewnieniu komunikacji z gniazdami procesowymi, liniami transportowymi, panelami operatorskimi, wyświetlaczami, komputerami osobistymi oraz innymi urządzeniami typu HMI (ang. *Human Machine Interface*) w celu komunikacji operatorów procesów z systemami sterowania.

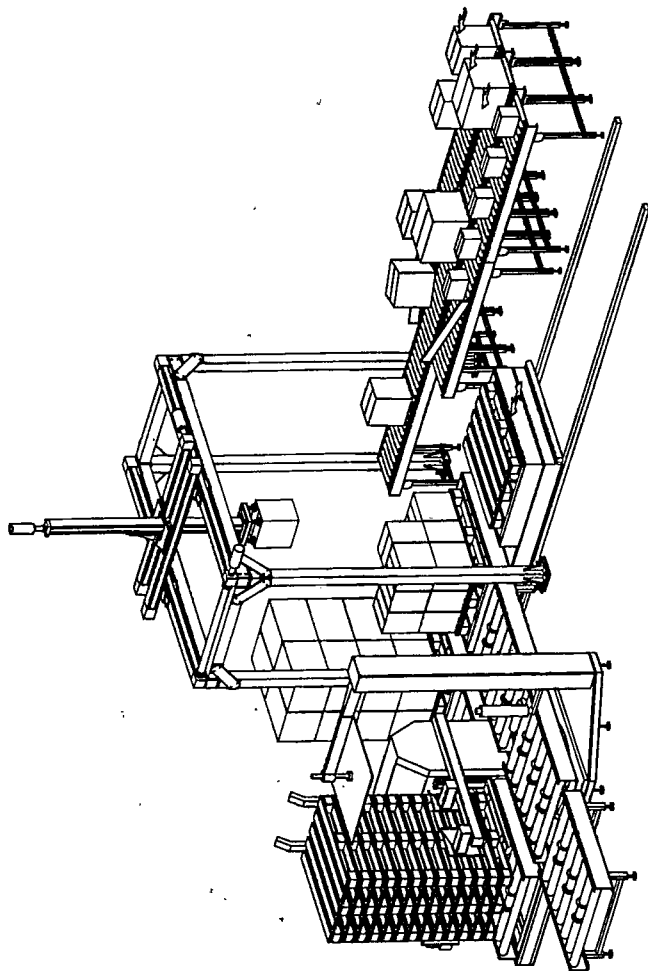
Obecnie część funkcji sterowników PLC może być realizowana przez komputery PC i odpowiednie oprogramowanie, natomiast pozostała część tych funkcji jest może być przemieszczana do obszaru sieci obiektowych tzw. FIELDBUSOWYCH oraz „inteligentnych” czujników i elementów wykonawczych.

Do nowych koncepcji sterowników swobodnie programowalnych PLC funkcjonujących na bazie PC należą także rozwiązania typu Slot-PLC, które zawierają pracujące niezależnie od głównego procesora jądro sterowania w postaci wsuwanej karty (sprzęt i oprogramowanie). Jeszcze innym rozwiązaniem są układy typu Soft-PLC, pracujące na standardowym sprzęcie PC pod specjalnym systemem operacyjnym czasu rzeczywistego, lub standardowym systemem operacyjnym z modyfikacjami takimi jak np. Windows NT+RTX, Intime i innymi.

Nowoczesna technika automatyzacji obejmuje obecnie nie tylko obszar związany bezpośrednio m. in. z procesem transportowym, w którym są stosowane sterowniki PLC i komputery przemysłowe IPC, ale coraz bardziej obejmuje również poziom obsługi i operacyjno-taktyczne kierowania logistyką przedsiębiorstwa. Bardziej szczegółowe omówienie tej problematyki czytelnik znajdzie m. in. w [4].

Najbardziej perspektywicznym rozwiązaniem problemu manipulacji przedmiotami w tzw. elastycznych systemach produkcyjnych (ESP) są manipulatory bramowe, które cechuje w stosunku do innych rozwiązań, lepszy dostęp do maszyn obrabiających i lepsze wykorzystanie powierzchni hali produkcyjnej [...] i magazynowej itp. Cechą charakterystyczną tych urządzeń jest względnie duży udźwig (maks. 350÷500 kg), ponadto charakteryzują się dużymi zakresami przesuwu (dla liniowych do 10 m, a dla powierzchniowych do kilkunastu metrów w kierunku wzdłużnym i poprzecznym; przesuwem w pionie do 2 m), maksymalnymi prędkościami ruchu w granicach 1÷2 m/s (osie przesuwów liniowych) i 60÷120 stop/s (osie obrotowe), przyspieszeniami do 0,5g dla osi sterowanych numerycznie i 1,5g dla osi bez tego sterowania oraz dokładnościami pozycjonowania od  $\pm 0,025$  mm do  $\pm 0,25$  mm. Z kolei najbardziej perspektywicznym rozwiązaniem problemu manipulacji jednostkami ładunkowymi w systemach transportowo-magazynowych są manipulatory portalowe podstawą, których efekторы (pozostaje problem obrotu) mogą się przemieszczać w trzech wzajemnie prostopadłych osiach stwarzając tym samym możliwość jednorodnej lub zmiksowanej kompletacji typowych zintegrowanych jednostek ładunku tworzonych na podstawie DIN (1000×1200 mm) lub EURO (800×1200 mm) w oparciu o podstawowe jednostki ładunkowe.

Należy podkreślić, że nowe wdrożenia układów napędowych zarówno w postaci modułów elektronapędowych z mikroprocesorowym sterowaniem jak również w postaci inteligentnych modułów generujących ruch postępowy bądź obrotowy wiążą się obecnie przede wszystkim z ideą tzw. elastycznej automatyzacji tzw. układów wielomaszynowych realizujących m. in. złożone, komputerowo sterowane procesy transportowo-magazynowe.



Rys. 9. Struktura funkcjonalna zautomatyzowanego systemu elastycznej dystrybucji.

## 5. UKŁADY WIELOMASZYNOWE W ELASTYCZNEJ AUTOMATYZACJI PROCESÓW TRANSPORTOWO-MAGAZYNOWYCH

Współczesny logistycznie zintegrowany przepływ materiałów w systemach produkcji i dystrybucji (surowców, półproduktów i wyrobów finalnych) to zbiór zasobów stałych i ruchomych odpowiednio rozmieszczonych w przestrzeni operacyjnej przedsiębiorstwa za pomocą, których w warunkach tzw. elastycznej automatyzacji realizowany jest ruch pojedynczych przedmiotów lub ładunków zbiorczych przy uwzględnieniu określonych warunków informacyjnych, czasowo-kosztowych i zarządczych.

Wprowadzenie elastycznej automatyzacji to przedsięwzięcie nie tylko techniczne, ale również problem strategii rozwoju przedsiębiorstwa.

Elastyczna automatyzacja może być realizowana na dwóch poziomach:

- na poziomie niższym – wykorzystującym układy jednomaszynowe takie jak np. pojedyncza maszyna technologiczna, urządzenie transportowe, automat kompletacyjny itp.
- na poziomie wyższym – wykorzystującym układy wielomaszynowe takie jak: elastyczny system wytwórczy, elastyczna linia transportowa, elastyczne gniazdo procesowe itp.

W elastycznej automatyzacji przykładem układów wielomaszynowych logistycznie zintegrowanych przepływów materiałów są:

- elastyczne systemy wytwarzania (ESW)  
(związane ze sferą logistyki produkcji)
- elastyczne systemy kompletacji (ESD)  
(związane ze sferą logistyki dystrybucji wyrobów ale mogą być również związane z logistyką produkcji).

Elastyczny system wytwarzania (ESW) — to zestaw wielu zautomatyzowanych stanowisk technologicznych umożliwiających zastosowanie różnych technik wytwarzania takich jak: obróbka skrawaniem, obróbka plastyczna, obróbka cieplna, powlekanie powierzchni itp. uzupełnionych stanowiskami nieobróbkowymi (np. mycia, suszenia, kontroli wymiarowej itp.) połączonych ze sobą zautomatyzowanymi urządzeniami transportu i magazynowania tych przedmiotów w taki sposób, że na poszczególnych stanowiskach jest możliwa obróbka i ewentualna korekta tychże przedmiotów, przechodzących różnymi drogami przez system. Komputer sterujący ESW spełnia również funkcję nadzoru i planowania produkcji, sterując przepływem przedmiotów przez system i umożliwiając samoczynne jego działanie bez stałego udziału operatora w ciągu długiego czasu (np. w czasie jednej zmiany). Jeżeli w skład systemu wchodzi tylko stanowiska (stacje) obróbkowe, to nazywa się go elastycznym systemem obróbkowym (ESO).

Elastyczny system fizycznej dystrybucji (ESD) – to zestaw wielu zautomatyzowanych stanowisk transportu umożliwiających magazynowanie.

Przykład struktury funkcjonalnej zautomatyzowanego ESD ilustruje rys. 9. System ten został opracowany oraz zbudowany w ramach projektu celowego KBN nr



10T08031200C/3262 i jest przeznaczony do realizacji procesu kompletacji jednostek ładunkowych. Prototyp zbudowano przy użyciu:

- buforowanej trasy równoległych przenośników wałkowych dostarczających do strefy paletyzacji trzy asortymenty jednostek ładunkowych A, B, C,
- portalowego robota-paletyzatora o prostopadłościennym kształcie przestrzeni obsługowej,
- zrobotyzowanego wózka torowego z trzema niezależnie sterowanymi segmentami przenośników wałkowych,
- automatycznie działającego magazynu-podajnika pustych palet (o wymiarach 800x1200 mm; 1000 x1200 mm),
- automatycznie działającego urządzenia foliującego spaletyzowane ładunki zbiorcze.

## 6. WNIOSKI

1. Ogólne tendencje rozwojowe środków techniki logistycznej przejawiające się głównie stałym wzrostem wydajności i niezawodności oraz bezpieczeństwa ich pracy, a także koncentracją realizowanych operacji procesowych sprawiają, że wymagania stawiane m. in. środkom transportu bliskiego i magazynowania systematycznie wzrastają. Czynniki te w sposób zasadniczy wymuszają miejsce tych urządzeń na rynkach zbytu, a warunki konkurencyjności i ekonomiki zmuszają producentów do stałego ich rozwoju.
2. Uwarunkowania rozwojowe nowych środków transportu bliskiego i magazynowania wiążą się obecnie przede wszystkim z budową modułowych układów sterujących.
3. W systemach inżynierii logistycznej coraz bardziej znacząca rolę odgrywają układy wielomaszynowe wypełniające lukę tzw. logistycznych gniazd procesowych.

## LITERATURA

- [1] Bartals J.: „Autonnatisierungskonzepte im Vercleich, Elektronik nr 11/1999
- [2] Honczarenko J.: Elastyczna automatyzacja wytwarzania, PWN-T, Warszawa 2000
- [3] Iżykowski S.: Nowości i tendencje w rozwoju maszyn wytwórczych, Prace Naukowe ITMiA, Politechnika Wrocławska, Konferencje nr 78, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej nr 36, Wrocław 2000
- [4] Korzeń Z.: Zarządzanie i automatyczne sterowanie procesami transportu wewnętrznego i magazynowania, Logistyczne uwarunkowania komputerowej integracji systemów, Transport przemysłowy, nr 4/2001
- [5] Korzeń Z.: Inteligentne magazyny – logistyczne uwarunkowania integracji systemów, Polski Kongres Logistyczny, LOGISTICS 2000, ILiM, Poznań 2000
- [6] Russel R. M. Moore J.: Trends in der Industrieoutennafisierung (USA), [www.horting.poder.net](http://www.horting.poder.net)

- [7] Smalec Z. (red.) i inni: Układy sterowania maszyn – sterowniki PLC i CNC, Prace Naukowe ITMiA Politechnika Wroclawska, Konferencje nr 78, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, nr 36, Wroclaw 2000
- [8] Tomczyk J.: Tendencje rozwojowe w budowie dźwignic i maszyn transportowych, Problemy Maszyn Roboczych, Z. 12, Warszawa 1998
- [9] Wojnarowski J. Gierlatka K.: O ewolucji sterowania w systemach maszyn roboczych, Problemy Maszyn Roboczych, Z. 10, Warszawa 1997
- [10] World wide PLC Market, [www.plcopen.org](http://www.plcopen.org)
- [11] Wucherer K.: Informatizationstechnologie – die Chance zu neuen Systemkonzepten, Munchenen Kolloguinm' 2000.