

Mechatroniczny manipulator układów sterowania wyposażonych w pulpit sterowniczy

Zygmunt Szymański, Jarosław Napierała, Jarosław Węclawek

1. Wstęp

W zakładach przemysłowych przemysłu ciężkiego – elektromaszynowego, samochodowego, chemicznego – oraz na zautomatyzowanych liniach produkcyjnych stosowane są maszyny i urządzenia zasilane energią elektryczną z różnymi rodzajami napędów: elektrycznym, pneumatycznym oraz hydraulicznym, lub ich kombinacjami w układach napędu hybrydowego: napęd elektropneumatyczny, elektrohydrauliczny. Urządzenia te pracują w różnych warunkach środowiskowych i technologicznych: wysoka temperatura, trujące substancje, niebezpieczeństwo wybuchu. Większość z tych urządzeń jest wyposażona w pulpity sterownicze, do których dostęp jest niemożliwy lub utrudniony. Przeważnie dostęp posiada ograniczona ilość osób z odpowiednimi upoważnieniami i uprawnieniami. W zależności od specyfiki zakładu układy sterowania mogą znajdować się w różnych odległościach od linii technologicznej. W praktyce ruchowej do sterowania, monitoringu oraz transmisji sygnałów są stosowane systemy telemetryczne transmisji sygnałów z wykorzystaniem linii telefonicznych przewodowych, światłowodowych, transmisji radiowej, internetowej lub innych metod [2, 3, 4]. Wymaga to wyposażenia urządzeń sterujących w dodatkowe czujniki i przetworniki pomiarowe, elementy kontrolne oraz modemy transmisyjne. W niektórych przypadkach prostszym, niezawodnym i ekonomicznym rozwiązaniem jest zastosowanie mobilnego manipulatora przemysłowego, który przemieszczając się po pulpicie sterowniczym w sposób fizyczny identyfikuje stany poszczególnych przycisków sterowniczych, układów mierników pomiarowych oraz wskaźników: sygnalizacyjnych i awaryjnych. Wszystkie sygnały są gromadzone w buforze pamięci procesora oraz przesyłane do sterownika centralnego. W artykule przedstawiono budowę, zasadę działania i sposób sterowania mechatronicznego manipulatora mobilnego wykorzystywanego do identyfikacji stanów pracy pulpitu sterującego. W artykule zamieszczono przykładowe wyniki badań eksperymentalnych manipulatora mobilnego. Układ ten był testowany w warunkach przemysłowych i po początkowych problemach eksploatacyjnych przeszedł z wynikiem pozytywnym badania przemysłowe.

2. Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych manipulatorów przemysłowych

Manipulacyjny robot przemysłowy jest to automatycznie sterowana, odpowiednio zaprogramowana, wielozadaniowa maszyna manipulacyjna o wielu stopniach swobody. Maszyna ta może posiadać właściwości manipulacyjne i lokomocyjne i pracować jako układ stacjonarny, mobilny lub mieszany, w różnych zastosowaniach przemysłowych. Roboty przemysłowe zastępują pracę ludzi na stanowiskach uciążliwych i niebezpiecznych. Najczęściej wykonują one zadania niebezpieczne (obsługa prasy lub praca w środowisku agresywnym chemicznie), mono-

MECHATRONIC MANIPULATOR OF CONTROL SYSTEM EQUIPPED INTO CONSOLE

Abstract: *The paper presents the review of mechatronic constructional solutions system of the small and average power, with particular reference to industrial stationary and mobile manipulators. In the paper presented conception and results of industrial experiments an mechatronic mobile manipulator used to inspection of control systems of devices working in dangerous, and trouble located industrial conditions*

tonne (obsługa taśmy produkcyjnej), wymagające dużej siły fizycznej (rozładunek, załadunek) albo wyjątkowej precyzji (zaawansowana obróbka materiałowa). Klasyfikację robotów przemysłowych można przeprowadzić na podstawie ich budowy, mobilności, sposobów sterowania. Ze względu na budowę jednostki kinematycznej roboty przemysłowe dzielimy na roboty o strukturze monolitycznej, modułowej lub pseudomodułowej. Robot o strukturze monolitycznej posiada stałą konstrukcję kinematyczną, która może być uzupełniona chwytakiem lub innym wyposażeniem atestowanym i dopuszczonym przez Producenta. Robot o strukturze modułowej posiada zmienną konstrukcję kinematyczną, której konfiguracja może być dowolnie zmieniana, np.: przez dokładanie lub wymianę konkretnych modułów. Robot o strukturze pseudomodułowej posiada jednolitą konstrukcję kinematyczną z możliwością wymiany niektórych elementów (zazwyczaj ostatnich ogniw w łańcuchu kinematycznym). W zależności od rodzaju energii używanej do poruszania członami roboty przemysłowe możemy podzielić na: pneumatyczne (nośnikiem energii jest sprężone powietrze), hydrauliczne (nośnikiem energii jest płyn hydrauliczny), elektryczne (poruszanie członów następuje przy pomocy silników elektrycznych). Jednostki robotów przemysłowych jako manipulatorów łączone są ze sobą za pomocą par kinematycznych. Człony można łączyć: szeregowo – tworząc otwarty łańcuch kinematyczny oraz równolegle – tworząc zamknięty łańcuch kinematyczny. W układzie szeregowym stosowane są:

- roboty kartezyjskie – układ współrzędnych jest prostokątny, a przestrzeń ruchu prostopadłościenna. Roboty tego typu wykorzystywane są do transportu elementów oraz montażu;
- roboty cylindryczne – posiadające cylindryczną przestrzeń ruchową, są nazywane także robotami suwnicowymi;
- roboty SCARA – posiadają one trzy osie, przy czym dwie o ruchu obrotowym równoległym względem siebie, jedną postępową. Dzięki swojej budowie pozwalają na precyzyjny i szybki montaż lub pakowanie;

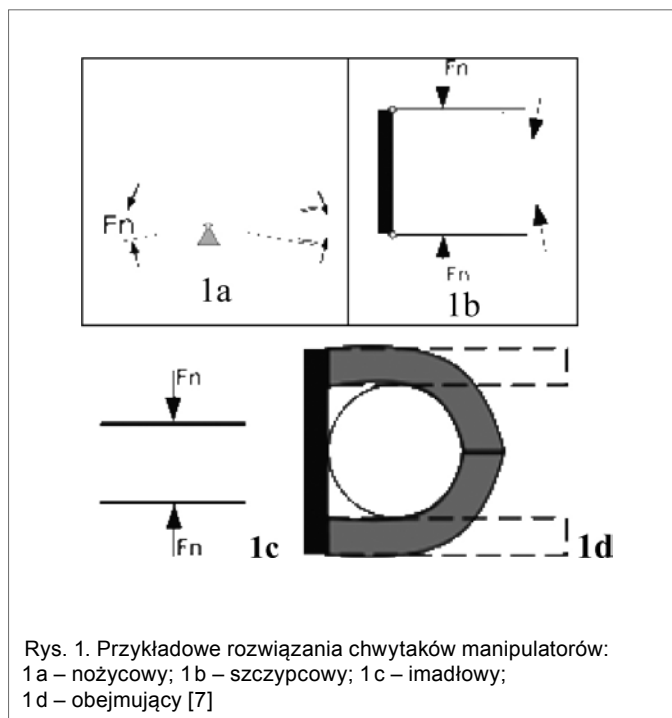
- roboty sferyczne – posiadają jeden liniowy i dwa obrotowe zespoły ruchu;
- roboty przegubowe (antropomorficzne) – są one najbardziej rozpowszechnione wśród robotów przemysłowych. Wszystkie 3 osie są osiami obrotowymi, działaniem i budową przypominające górną kończynę człowieka. Stosuje się je do przenoszenia, paletyzacji, spawania, zgrzewania, lakierowania i innych.

Przy konfiguracji równoległej stosowane są kombinacje: tripady (składające się z trzech ramion równoległych) oraz hexopady (składające się z sześciu ramion równoległych). Stosowane są także konfiguracje hybrydowe, będące połączeniem manipulatorów szeregowych i równoległych. Podstawowym elementem każdego manipulatora przemysłowego jest chwytak. Chwytak jest to oprzyrządowanie technologiczne manipulatorów oraz robotów, przeznaczone do manipulowania właściwymi narzędziami. Zadaniem chwytaka jest uchwycenie detalu, utrzymanie go podczas transportu oraz jego zwolnienie w miejscu docelowym. Chwytaaki składają się z zespołu napędowego, układu przeniesienia napędu oraz końcówek chwytynych. Kształt i parametry poszczególnych zespołów zależą od rodzaju materiału, kształtu detalu, środowiska, w którym wykonywana jest praca, oraz zastosowania do realizacja określonego procesu technicznego.

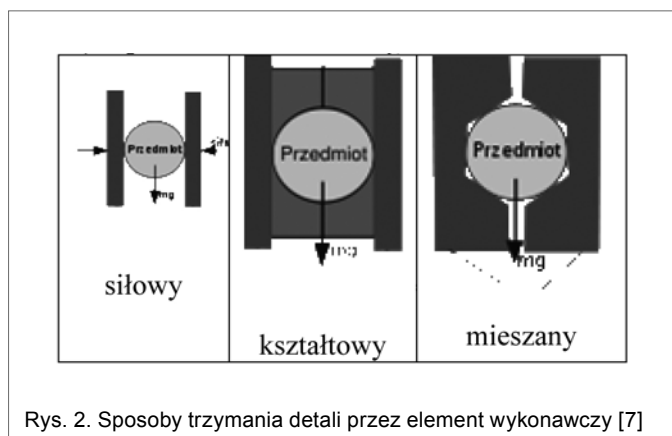
Ze względu na budowę manipulatora i rodzaju napędu stosuje się chwytaki o napędach: mechanicznym, pneumatycznym, hydraulicznym, elektromagnetycznym oraz adhezyjnym. Układy przeniesienia materiału mogą mieć różnego typu konfiguracje: nożycową, szczypcową, imadłową, lub opasującą. Na rys. 1 przedstawiono różne rozwiązania chwytaków manipulatorów: nożycowy – 1a; szczypcowy – 1b; oraz imadłowy – 1c. Element wykonawczy chwytaka może być dwuszcękowy, trójszcękowy, wieloszcękowy lub inny, z końcówkami: sztywnymi, sprężystymi albo elastycznymi. Ze względu na sposób trzymania detalu stosowane są różne elementy przytrzymania: kształtowe, siłowe lub siłowo-kształtowe. Na rys. 2 przedstawiono przykładowe sposoby rozwiązań konstrukcyjnych chwytaków do trzymania detali. Ze względu na sposób mocowania chwytaka: może on być mocowany w sposób ręczny lub automatyczny (z adapterem). Oprócz robotów przemysłowych wykorzystywane są roboty humanoidalne oraz autonomiczne mobilne. Są one wykorzystywane w medycynie do przeprowadzania skomplikowanych operacji chirurgicznych [5, 6], w wojsku oraz służbach specjalnych (latające, pływające, poruszające się w przestrzeni kosmicznej) [1, 2, 3, 4].

Są to roboty o dużej liczbie stopni swobody (robot ASIMO posiada 34 stopnie swobody, z tego 3 na głowę, 1 na tułów, 14 na ramiona oraz 4 na ręce). Asimo jest wyposażony w system wizyjny składający się z dwóch kamer wideo, umieszczonych w jego głowie. System ten wykorzystuje wizję stereoskopową i opatentowany przez Hondę algorytm wizji maszynowej, pozwalające mu widzieć, rozpoznawać i unikać „wpadania” na obiekty znajdujące się w jego otoczeniu – nawet gdy ich orientacja i oświetlenie różnią się od tych zapisanych w bazie danych, przechowującej informacje o możliwych do napotkania obiektach i magazynowanej w pamięci robota.

Kamery są w stanie wykryć wiele różnorodnych obiektów, obliczyć odległość do nich, dostrzec ich ruch, rozpoznać zaprogramowane wcześniej twarze, a nawet zinterpretować ruch rąk. Robot posiada 8 mikrofonów rozmieszczonych dookoła głowy i korpusu. Dzięki nim jest w stanie przyjmować komen-



Rys. 1. Przykładowe rozwiązania chwytaków manipulatorów: 1a – nożycowy; 1b – szczypcowy; 1c – imadłowy; 1d – obejmujący [7]



Rys. 2. Sposoby trzymania detali przez element wykonawczy [7]

dy głosowe i wykrywać, skąd pochodzi dźwięk. Może także zlokalizować źródło dźwięku i zwrócić twarz w tym kierunku. Zastosowanie tak dużej liczby mikrofonów dało humanoidowi możliwość rozróżniania i rozumienia głosów trzech osób mówiących naraz. Jest także wyposażony w technologię pomiaru siły nacisku dłoni. Czujniki siły umieszczone w jego nadgarstkach pozwalają oszacować wartość siły, jaka musi być przyłożona do manipulowanego obiektu, aby uścisk był odpowiedni [7].

Może być sterowany na 5 sposobów: przez komputer PC, z wykorzystaniem bezprzewodowego kontrolera, przez gesty, reaguje na komendy głosowe oraz w ograniczonym zakresie sterowany falami mózgowymi [4, 5]. Robot jest napędzany przez 34 serwowotory. Energię czerpie z baterii litowo-jonowej o napięciu znamionowym 51,8 V. Pojemność baterii wystarcza na 1 godzinę pracy robota – potem bateria musi być ponownie naładowana (proces ładowania baterii trwa około 3 godzin). Bateria waży około 6,5 kg jest umieszczona z tyłu robota – na jego „plecach”. Na rys. 3 przedstawiono humanoidalnego robota ASIMO schodzącego po schodach, natomiast w tabeli 1 podstawowe parametry dwóch kolejnych wersji tego robota.



Rys. 3. Robot ASIMO schodzący po schodach [7]

Tabela. 1. Podstawowe parametry eksploatacyjne robota ASIMO [7, 8]

	pierwotny ASIMO (2000)	ASIMO nowej gen. (2004)
Masa	52 kg	54 kg
Wysokość	120 cm	130 cm
Szerokość	45 cm	45 cm
Głębokość	44 cm	37 cm
Prędkość chodzenia	1,6 km/h	2,5 km/h
Prędkość biegania	–	3 km/h
Czas podczas chodzenia, gdy obydwie nogi tracą kontakt z podłożem	–	0,05 s
Bateria	niklowo-wodorkowa (38,4 V / 10 Ah / 7,7 kg); 4 godziny ładowania	litowo-jonowa (51,8 V / 6 kg); 3 godziny ładowania
Maksymalny czas ciągłej pracy	30 min	40–60 min
Liczba stopni swobody	26	34

3. Model fizyczny manipulatora przemysłowego

Manipulator przemysłowy można przedstawić w sposób uproszczony jako mechanizm z wysięgnikiem. Jest on powszechnie stosowany w fabrykach przemysłu motoryzacyjnego, na automatycznych liniach produkcyjnych, w tych zakładach przemysłowych, gdzie istnieje zagrożenie zdrowia lub życia ludzi. Jest on uproszczoną wersją robota przemysłowego spełniającego funkcję ludzkich kończyn górnych. Manipulatorem nazywamy układ N ramion połączonych ze sobą przegubami i zakończonych efektorami (chwytnakami). Pojedyncze ogniwo manipulatora jest złożone z przegubu oraz ramienia, przy czym przegub zapewnia możliwość ruchu. Każdy przegub opisywany jest za pomocą współrzędnej wewnętrznej (nastawy) q_i przy czym $i = 1, 2, \dots, N$. Zmienne q_i po złożeniu tworzą wektor q , zwany wektorem współrzędnych wewnętrznych, gdzie;

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_N)^T \in Q$$

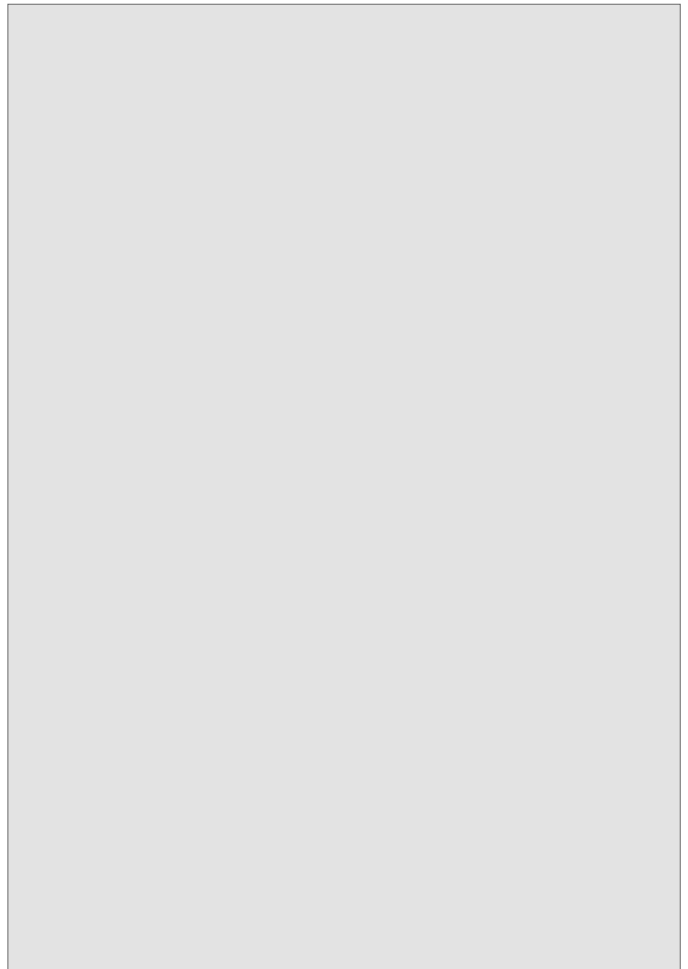
Jeśli manipulator potraktujemy jako element automatyki z zamkniętym układem sterowania, to q będzie odpowiadać wektorowi stanu. Podczas pracy z manipulatorem istotne jest określenie położenia i zdefiniowanie orientacji przestrzennej jego efektora, zdefiniowanych we współrzędnych zewnętrznych. Mogą one być zapisane pod postacią sześciu współrzędnych $(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)^T \in R^6$. W zależności od potrzeb rozmiar ten może ulec zmianie (przykładowo w danym przypadku ważne mogą być jedynie współrzędne x oraz y). Pierwsze trzy współrzędne określają położenie efektora, a pozostałe współrzędne definiują orientację przestrzenną. Ostatecznie położenie i orientacja efektora mogą być opisane we współrzędnych zewnętrznych za pomocą wektora $(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)^T \in R^6$ oraz w funkcji współrzędnych wewnętrznych:

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_N)^T \in Q$$

Przekształcenie $k: Q \rightarrow R^6$ nazywamy kinematyką manipulatora we współrzędnych. Dla łatwiejszego opisu własności ma-

nipulatora z każdym jego przegubem oraz efektorom możemy powiązać kartezjański układ współrzędnych, który nazywany jest układem lokalnym. Układ $X_0Y_0Z_0$ związany z podstawą manipulatora określa się jako układ bazowy, względem którego należy wyznaczać położenie oraz orientację przegubów

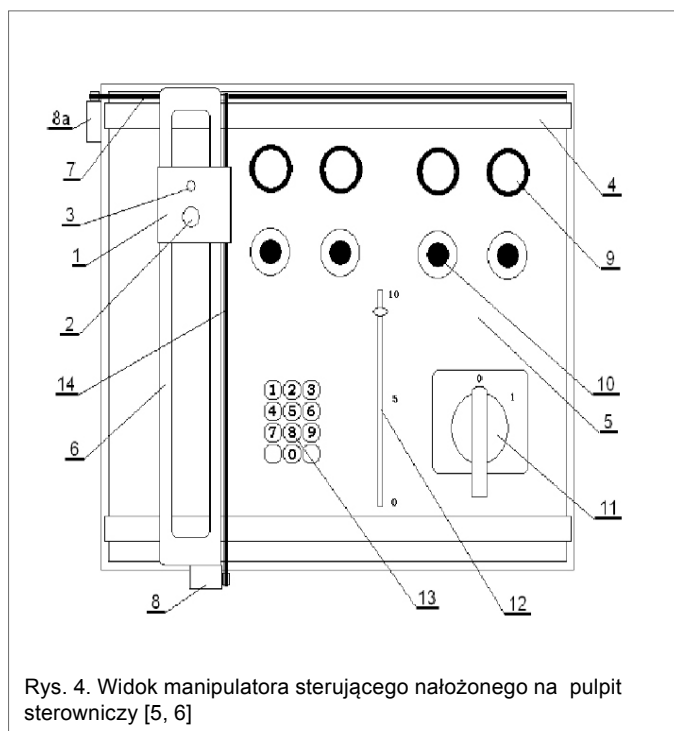
reklama



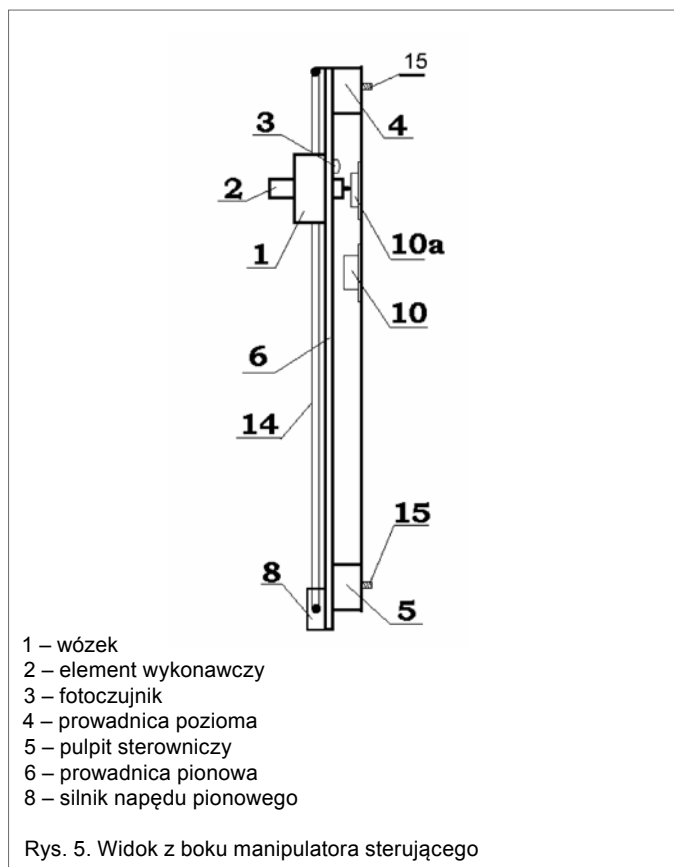
oraz efektora manipulatora. Do opisu manipulatorów najczęściej stosuje się notację Denavita-Hartenberga [3, 4]. Pozwala ona w sposób sformalizowany opisać własności ruchowe manipulatora oraz zależności występujące pomiędzy kolejnymi elementami składowymi.

4. Mechatroniczny manipulator układów sterowania wyposażonych w pulpit sterowniczy

W zakładach przemysłowych, na liniach produkcyjnych, większość urządzeń jest wyposażona w pulpit sterowniczy, do którego dostęp posiada ograniczona ilość osób z odpowiednimi uprawnieniami. W zależności od specyfiki zakładu, układy sterowania mogą pracować w różnych warunkach eksploatacyjnych. Zastosowanie manipulatora mechatronicznego zapewni dostęp do systemu sterowania przy pomocy karty magnetycznej, karty zbliżeniowej RFID lub kodu dostępu wpisywanego z klawiatury numerycznej. Możliwe będzie także wprowadzenie wielu poziomów dostępu, wydzielając ściśle określone uprawnienia każdemu użytkownikowi. Każda operacja będzie rejestrowana i archiwizowana, umożliwi to znalezienie osoby odpowiedzialnej za ingerencję w proces sterowania. Rejestracja danych pozwoli na nadzór nad procesem technicznym lub technologicznym oraz umożliwi przeprowadzenie zaawansowanych analiz i zestawień wykonywanych przez użytkowników operacji sterowniczych. Podstawową zaletą manipulatora jest zastosowanie zdalnego sterowania i kontroli w maszynach i urządzeniach przemysłowych wyposażonych w pulpity sterownicze wyłącznie do operowania ręcznego, bez ingerencji w wewnętrzne ich obwody i izolacje. Oryginalnością tego rozwiązania jest możliwość przemieszczania się manipulatora sterującego zainstalowanego na pulpicie, jego sterowaniu, oraz kontroli z dowolnie oddalonego miejsca korzystnie i bezpiecznie oddalonego od miejsca pracy. Manipulator sterujący jest wyposażony w czujnik fotoelektryczny, odbierający sygnały z pulpitu sterowniczego maszyny lub urządzenia, który wraz z realizującym polecenia operacyjne elementem wykonawczym jest zabudowany na wózku. Odpowiednio zaprogramowany manipulator sterujący zainstalowany na danej maszynie lub urządzeniu umożliwia przemieszczanie ruchomych przycisków i włączników pulpitu sterowniczego zadających maszynie wykonanie określonych czynności, przez operatora znajdującego się w dowolnym miejscu. Zwiększa to w znacznym stopniu bezpieczeństwo pracy, zwłaszcza w szczególnie niebezpiecznych lokalizacjach prowadzonych robót. Strukturę mechaniczną manipulatora sterującego nałożonego na pulpit sterowniczy przedstawiono na rys. 4. Manipulator składa się z wózka (1) z zabudowanym elementem wykonawczym (2), czujnikiem fotoelektrycznym (3), oraz gniazd wejściowych: przewodu sterowniczo-zasilającego i układu transmisji danych (15), usytuowanych na prowadnicach pionowych (6) i prowadnicach poziomych (4). Napęd wózka (1) realizowany jest przez pasek napędu poziomego (7), pasek napędu pionowego (14), oraz silniki napędu pionowego (8) i napędu poziomego (8a). Manipulator może wykonywać pewne czynności automatycznie przez przegląd sygnalizatorów świetlnych (9) pulpitu sterowniczego (5), lub wyłącznie na polecenia operatora. Naprowadzając wózek (1) nad odpowiedni element sterowania na pulpicie sterowniczym (5), odczytywane zostają wskazania sygnalizatorów świetlnych, co pozwala na stosowne działania przez element wykonawczy (2) załączający przyciski oraz łączniki pulpitu sterowniczego (5).



Rys. 4. Widok manipulatora sterującego nałożonego na pulpit sterowniczy [5, 6]



- 1 – wózek
- 2 – element wykonawczy
- 3 – fotoczułnik
- 4 – prowadnica pozioma
- 5 – pulpit sterowniczy
- 6 – prowadnica pionowa
- 8 – silnik napędu pionowego

Rys. 5. Widok z boku manipulatora sterującego

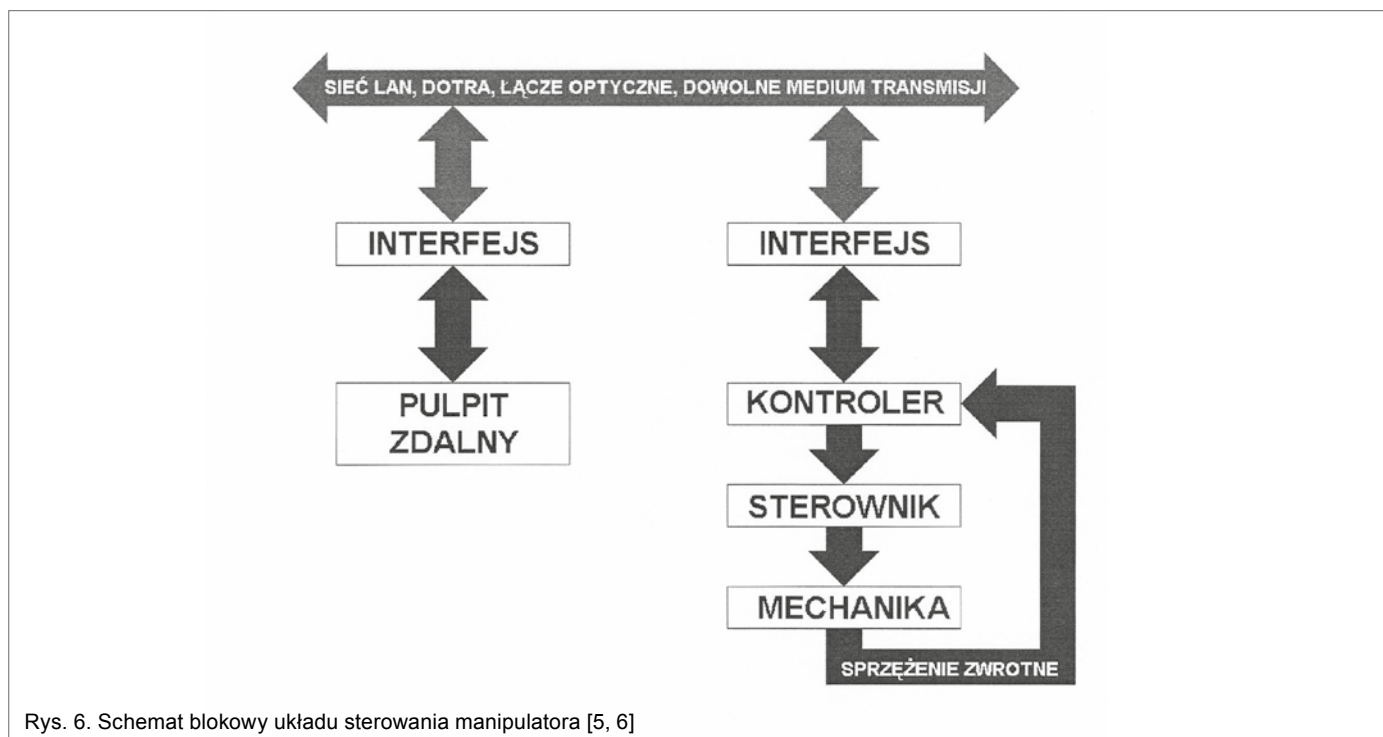
Budowa manipulatora jest więc zbliżona do konstrukcji 3-osiowego plotera pracującego w kartezjańskim układzie współrzędnych.

Osie robocze oparte są na wzdłużnych łożyskach kulkowych, napędzanych silnikami liniowymi, paskami zębatymi lub śrubami pociągowymi, napędzanymi silnikami indukcyjnymi lub silnikami prądu stałego z magnesami trwałymi, w zależności

od prędkości przemieszczania, wielkości przemieszczeń oraz sił mechanicznych koniecznych do obsługi pulpitu. Każda oś wyposażona jest w enkoder określający położenie elementu wykonawczego nad pulpitem sterowniczym. Urządzenie wyposażone jest w kontroler połączony z interfejsem, sterownikiem i częścią mechaniczno-wykonawczą. Program sterujący opracowany przez Autora zapewnia niezawodną pracę urządzenia w każdych warunkach eksploatacyjnych. Układ sterowania jest zbudowany na jednopłytkowym komputerze przemysłowym, zapewniającym możliwość obsługi całej gamy interfejsów oraz pozwalającym na pełną swobodę programowania. Praca komputera nadzorowana jest przez nadrzędny kontroler pracy i kontrolery WATCHDOG. Na wykonanie każdej operacji przewidziany jest ściśle określony czas, układ kalibruje się na bieżąco, przez co nie ma praktycznie możliwości błędnego wyboru pola operacji [5, 6]. Sterownik jest wyposażony w kontroler współpracujący z interfejsem, sterownikiem oraz częścią mechaniczno-wykonawczą. System transmisji tworzy integralną strukturę pozwalającą na zdalne sterowanie dowolnym urządzeniem wyposażonym w pulpit. Część sprzętowa jest nadzorowana przez inteligentne oprogramowanie sterujące, pozwalające na niezawodną pracę w każdych, nawet najtrudniejszych warunkach. Kontroler nadzorowany jest w sposób ciągły przez liczniki Watchdog, analizujące jego stan pracy i nadzorujące wykonywanie poszczególnych operacji zgodnie z listingiem programu. Każdy ruch urządzenia wykonawczego mierzony jest przy pomocy enkoderów zamontowanych na osiach silników sterujących. Sprzężenie zwrotne umożliwia kontrolę nad

mechaniką urządzenia, pośrednio informując również o mogących wystąpić problemach w układzie mechanicznym urządzenia sterującego. Taka analiza pozwala na bieżąco wychwycić wszelkie symptomy zanieczyszczenia prowadnic urządzenia, uszkodzenia pasków napędowych lub śrub pociągowych, wskazujących na możliwy spadek stopnia ochrony obudowy przez jej uszkodzenie mechaniczne. Na rys. 5 przedstawiono schemat blokowy układu sterowania z zaznaczeniem systemu przepływu sygnałów.

W zasadzie nie istnieją ograniczenia co do sposobu transmisji sygnałów lub zasięgu urządzenia. Wykorzystanie interfejsu LAN sterownika do transmisji sygnałów umożliwia włączenie urządzenia do sieci Internet i sterowanie z najbardziej oddalonego punktu na świecie. Sterownik posiada porty COM oraz USB, co pozwala na wykorzystanie modułów transmisji bezprzewodowej, światłowodowej i innych. Sterownik pracuje w środowisku WINDOWS Embedded [5, 6]. Dla odczytu bieżących parametrów urządzenia wyposażonego w pulpit wystarczy łącze o przepustowości kilku KB/s. Sterowanie przy pomocy manipulatora jest precyzyjne, przemieszczenia zdefiniowane w programach sterujących są odwzorowywane z dokładnością do dziesiątych milimetra. Prędkość liniowa głowicy manipulatora osiąga wartości kilku metrów na sekundę. W zależności od wymagań danej aplikacji istnieje możliwość montażu całego szeregu końcówek manipulatora zarówno pasywnych, nieposiadających możliwości wykonywania ruchów w dodatkowej osi, jak i aktywnych, które umożliwiają dodatkowo wykonywanie ruchów wahadłowych lub obrotowych. Ma to istotne znaczenie



Rys. 6. Schemat blokowy układu sterowania manipulatora [5, 6]

przy sterowaniu przełączników pakietowych, które stawiają stosunkowo duży opór przy przełączaniu ich między poszczególnymi pozycjami.

5. Badania kontrolne manipulatora

Badania kontrolne manipulatora przeprowadzono na modelach laboratoryjnych, zbudowanych w dwóch wersjach: napęd silnikami prądu stałego z paskami klinowymi na poszczególnych osiach układu współrzędnych oraz napęd z silnikami liniowymi. Do napędu wykorzystano mikrosilniki o mocy 10 W, 12 V DC, z magnesami trwałymi. Badania sprawdzające wykonano na obudowach pulpitów sterujących stanowisk laboratoryjnych. Manipulator swobodnie przemieszczał się po pulpicie zgodnie z założonymi procedurami sterującymi, zadawanymi w programach sterujących komputera. Programy sterujące opracowane przez Autorów zapewnią niezawodną pracę urządzenia w każdych warunkach eksploatacyjnych. Dalsze badania będą przeprowadzone na zbudowanych konstrukcjach prototypowych. Badania przemysłowe umożliwią sprawdzenie poprawności przesyłów sygnałów oraz możliwości zdalnego sterowania manipulatora.

6. Zakończenie

Zastosowanie manipulatora mechatronicznego w zakładach przemysłowych, na liniach produkcyjnych, wyposażonych w pulpit sterowniczy, zapewni dostęp do systemu sterowania przy pomocy karty magnetycznej, karty zbliżeniowej RFID lub kodu dostępu wpisywanego z klawiatury numerycznej. Możliwe będzie także wprowadzenie wielu poziomów dostępu, poprzez wydzielenie ściśle określonych uprawnień każdemu użytkownikowi. Każda operacja będzie rejestrowana i archiwizowana, co umożliwi znalezienie osoby odpowiedzialnej za ingerencję w proces sterowania. Rejestracja danych pozwoli na

nadzór nad procesem technicznym lub technologicznym oraz umożliwi przeprowadzenie zaawansowanych analiz i zestawień wykonywanych przez użytkowników operacji sterowniczych. Wykorzystując systemy transmisji bezprzewodowej, można sterować pracą linii technicznych i technologicznych z bezpiecznych miejsc oraz przeprowadzać monitoring procesów technicznych i technologicznych, wykorzystując na przykład systemy telefonii komórkowej lub sieci internetowe. W artykule przedstawiono efekty początkowych prac nad opracowaniem mechatronicznego manipulatora przemysłowego, które będą kontynuowane w dalszych pracach Autorów.

7. Literatura

- [1] HONCZARENKO J.: *Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie*. WNT, Warszawa 2010.
- [2] JEZIERSKI E.: *Dynamika robotów*. WNT, Warszawa 2006.
- [3] MORECKI A., KNAPCZYK J.: *Podstawy robotyki – praca zbiorowa*. WNT, Warszawa 1999.
- [4] *Roboty przemysłowe typu IRb i IRp*. Robotyka nr 4, WNT, Warszawa 1990.
- [5] SZYMANSKI Z., NAPIERAŁA J., WĘCŁAWEK J.: *Mechatronic manipulator of control systems equipped into console*. Proceeding of International Conference: Mikromaszyny i Sterowanie. Instytut Elektrotechniki. Warszawa wrzesień 2011.
- [6] Manipulating industrial robot as defined in ISO 8373
- [7] <http://www.asimo.pl/teoria/robotyprzemyslowe.php>

Zygmunt Szymański – Politechnika Śląska, Gliwice;
Jarosław Napierała, Jarosław Węcławek – NT Polska