



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Stanisław Popis

**Programowanie układów manipulacyjnych i robotów
311[50].Z3.02**

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Krystkowiak

dr inż. Jerzy Gustowski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[50].Z3.02. Programowanie układów manipulacyjnych i robotów zawartego w programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania	6
4.1. Budowa i klasyfikacja układów manipulacyjnych i robotów	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	32
4.1.3. Ćwiczenia	33
4.1.4. Sprawdzian postępów	37
4.2. Programowanie maszyn manipulacyjnych i robotów	38
4.2.1. Materiał nauczania	38
4.2.2. Pytania sprawdzające	51
4.2.3. Ćwiczenia	51
4.2.4. Sprawdzian postępów	53
4.3. Zasady aplikacji i użytkowania systemów robotycznych	54
4.3.1. Materiał nauczania	54
4.3.2. Pytania sprawdzające	57
4.3.3. Ćwiczenia	58
4.3.4. Sprawdzian postępów	59
5. Sprawdzian osiągnięć	60
6. Literatura	63

1. WPROWADZENIE.

Poradnik dla ucznia będzie Ci pomocny w opanowaniu wiadomości oraz ukształtowaniu umiejętności niezbędnych do programowania układów manipulacyjnych i robotów.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne – wykaz wiadomości i umiejętności, jakie powinieneś posiadać przed przystąpieniem do zajęć,
- cele kształcenia - wykaz wiadomości i umiejętności, jakie zdobędziesz po zrealizowaniu zajęć,
- materiał nauczania – wiadomości niezbędne do opisanie budowy oraz funkcji układów manipulacyjnych i robotów, tworzenia programów sterujących układami manipulacyjnymi, uruchamiania programów sterowniczych, symulacji pracy układów manipulacyjnych i robotów,
- pytania sprawdzające, które pomogą ci sprawdzić, czy opanowałeś zakres materiału nauczania,
- ćwiczenia, które umożliwią ci nabycie umiejętności praktycznych w zakresie programowania układów manipulacyjnych i robotów oraz symulacji ich działania,
- sprawdzian postępów umożliwiający ci osobistą refleksję nad osiągniętymi efektami,
- sprawdzian osiągnięć umożliwiający ocenę osiągniętego przez ciebie poziomu wiadomości oraz umiejętności.

Bardzo uważnie zapoznaj się z wiadomościami zawartymi w materiale nauczania mając świadomość, że są one podane w skróconej formie. Nauczyciel wskaże Ci literaturę i inne materiały pozwalające na rozszerzenie i lepsze opanowanie wiadomości.

Realizując ćwiczenia zaproponowane w Poradniku dla ucznia oraz przez nauczyciela będziesz miał sposobność do weryfikacji wiedzy, jaką nabyłeś oraz zastosowania jej w praktyce. Pod kierunkiem nauczyciela będziesz mógł tworzyć programy pracy robotów, przysyłać je do sterownika robota i uruchamiać je.

Po wykonaniu ćwiczeń określ poziom swoich postępów rozwiązując sprawdzian postępów.

Sprawdzian osiągnięć, któremu będziesz poddany, pozwoli na określenie stopnia opanowania wiadomości i umiejętności objętych zakresem jednostki modułowej „Programowanie układów manipulacyjnych i robotów”.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować jednostki miar układu SI,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu statyki, dynamiki, kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, energia, para kinematyczna, więzy, stopień swobody,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- poszukiwać informacji w Internecie,
- objaśniać strukturę oraz zasadę działania elektrycznego układu napędowego,
- objaśniać strukturę oraz zasadę działania pneumatycznego i elektropneumatycznego układu napędowego,
- objaśniać strukturę oraz zasadę działania hydraulicznego i elektrohydraulicznego układu napędowego,
- rozpoznać i przedstawić działanie układu sterowania otwartego i zamkniętego,
- rozróżnić i scharakteryzować przekładnie mechaniczne: zębatą, ślimakową i śrubową,
- objaśnić działanie i scharakteryzować możliwości wykorzystania silników prądu stałego,
- objaśnić działanie i scharakteryzować możliwości wykorzystania silników prądu przemiennego,
- omówić sposób działania silników skokowych,
- rozróżnić oraz przedstawić działanie sensorów: potencjometrycznego, indukcyjnościowego, optycznego (laserowego, światłowodowego), tensometryczno-rezystancyjnego,
- rozróżnić stany naprężeń materiałów (rozciąganie, ściskanie),
- posługiwać się normami, katalogami,
- uczestniczyć aktywnie w dyskusji,
- przygotowywać i realizować prezentacje,
- stosować różne metody i środki porozumiewania się w zakresie zagadnień technicznych (symbole, rysunki, zdjęcia, itp.),
- stosować ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w czasie eksploatacji maszyn i urządzeń.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- wyjaśnić zasadność stosowania maszyn manipulacyjnych i robotów,
- opisać funkcje układów manipulacyjnych i robotów,
- określić strukturę funkcjonalną (budowę) maszyn manipulacyjnych i robotów,
- objaśnić strukturę kinematyczną maszyn manipulacyjnych i robotów,
- objaśnić budowę zespołów ruchu układów manipulacyjnych i robotów,
- objaśnić rodzaje i budowę urządzeń chwytających i narzędzi stosowanych w maszynach manipulacyjnych i robotach,
- objaśnić przeznaczenie i strukturę układów sensorycznych wykorzystywanych w maszynach manipulacyjnych i robotach,
- określić sposoby sterowania maszyn manipulacyjnych i robotów,
- sklasyfikować układy manipulacyjne i roboty,
- utworzyć program sterujący układem manipulacyjnym i robotem,
- zaprogramować układ manipulacyjny i robot za pomocą programatora ręcznego w trybie uczenia (teach-in),
- zaprogramować układ manipulacyjny i robot w trybie edycji,
- posłużyć się oprogramowaniem specjalistycznym do symulacji oraz wizualizacji pracy maszyn manipulacyjnych i robotów,
- objaśnić zasady doboru maszyny manipulacyjnej i robota do potrzeb robotyzacji procesów,
- objaśnić zasady eksploatacji maszyn manipulacyjnych i robotów oraz stanowisk zrobotyzowanych zgodnie z zasadami bezpieczeństwa.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Budowa i klasyfikacja układów manipulacyjnych i robotów

4.1.1. Materiał nauczania

Wprowadzenie do zagadnień robotyzacji procesów

Współczesne formy i metody realizacji procesów produkcyjnych charakteryzują:

- 1) wyeliminowanie (lub ograniczenie) udziału człowieka przy wykonywaniu prac nudnych, monotonicznych, powtarzających się,
- 2) tendencje zwiększania poziomu bezpieczeństwa podczas wykonywania pracy,
- 3) dążenie do zapewnienia wysokiej i stałej jakości wytwarzanych produktów, oraz świadczonych usług,
- 4) maksymalnego wykorzystania czasu pracy drogich i skomplikowanych maszyn i urządzeń,
- 5) możliwość szybkiego przystosowania linii produkcyjnych (stanowisk produkcyjnych) do produkcji innego asortymentu produktów,
- 6) obniżenie kosztów realizacji procesów produkcyjnych oraz usług.

Istotne znaczenie ma w tych przypadkach zastąpienie pracy człowieka podczas wykonywania czynności manipulacyjnych przez pracę maszyn – tzw. maszyn manipulacyjnych. Czynności manipulacyjne polegają na uchwyceniu określonego obiektu (przedmiotu), zmienianiu jego położenia, transportowaniu, pozycjonowaniu lub orientowaniu względem przyjętej bazy, przygotowaniu obiektu do wykonywania na nim lub za jego pomocą operacji technologicznych. Z pewnym uproszczeniem można stwierdzić, iż wykonywanie czynności manipulacyjnych przez człowieka wymaga wydatkowania energii (funkcje energetyczne) oraz zaangażowania pracy umysłowej (funkcje intelektualne). Maszyny manipulacyjne są to urządzenia (maszyny) lokomocyjne przeznaczone do częściowego lub całkowitego zastępowania funkcji energetycznych oraz intelektualnych człowieka. Wśród maszyn manipulacyjnych wyróżnia się dwie ich podstawowe kategorie mające znaczące zastosowanie – manipulatory oraz roboty. Manipulator przemysłowy jest to urządzenie przeznaczone do wspomagania, częściowego albo całkowitego zastępowania człowieka przy wykonywaniu czynności manipulacyjnych w przemysłowym procesie produkcyjnym.

Robotem (przemysłowym) jest manipulator wielofunkcyjny przeznaczony do przemieszczania w przestrzeni materiałów, części, narzędzi lub specjalnych przyrządów mający programowane ruchy w celu wykonania różnorodnych zadań [4]. Cechą odróżniającą roboty od manipulatorów jest ich uniwersalność polegająca na możliwości zastosowania tego samego urządzenia technicznego do realizacji różnych funkcji w procesie produkcji. Wymaga to zapewnienia większych możliwości ruchowych oraz realizacji mniej lub bardziej złożonych automatycznych czynności związanych z procesem sterowania ruchem. Charakterystycznymi właściwościami robotów są: programowalność i możliwość wykonywania ruchów po różnych torach.

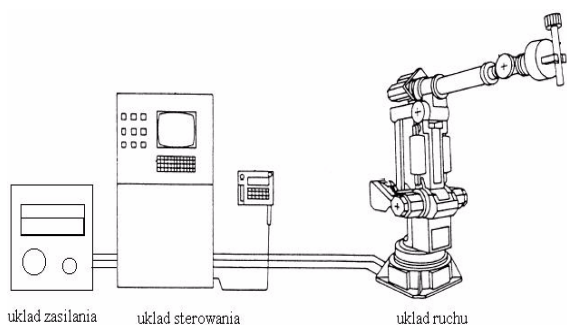
Robotyka jest dziedziną nauki zajmującą się wszystkimi problemami dotyczącymi mechaniki, sterowania ruchem, sensoryki, inteligencji maszynowej, projektowania, zastosowań i eksploatacji manipulatorów, robotów i maszyn krocących. Robotyka powstała na bazie mechaniki klasycznej, mechaniki precyzyjnej, techniki napędu, teorii i techniki sterowania.

Robotyzacja jest to zespół działań mających na celu zastępowanie pracy ludzi w procesie produkcyjnym przez pracę robotów i manipulatorów.

Struktura funkcjonalna układów manipulacyjnych i robotów

Współczesne roboty przemysłowe nie są budowane zgodnie z jednym schematem konstrukcyjnym. Jednakże w skład każdego robota przemysłowego wchodzi następujące układy:

- układ zasilania,
- układ sterowania,
- układ ruchu (jednostka kinematyczna) (rys.4.1),



Rys. 4.1. Struktura funkcjonalna robota przemysłowego[5]

W przypadku manipulatorów wszystkie układy zazwyczaj zabudowane są w jednym korpusie, natomiast dla robotów stanowią one odrębne urządzenia połączone ze sobą w sposób umożliwiający przepływ pomiędzy nimi energii oraz sygnałów.

Zadaniem układu zasilania jest dostarczenie do poszczególnych elementów robota energii niezbędnej do poprawnego ich działania. Może to być energia elektryczna, hydrauliczna lub pneumatyczna. W zależności od rodzaju energii zasilającej robot, w skład układu zasilania mogą wchodzić:

- urządzenia zasilania silników prądu stałego oraz przemiennego, falowniki oraz niezbędne układy przekątnikowe (w przypadku zasilania energią elektryczną),
- stacja olejowa oraz niezbędny osprzęt hydrauliczny (w przypadku zasilania energią hydrauliczną),
- stacja przygotowania powietrza, jeśli sprężone powietrze nie jest pobierane z sieci (w przypadku zasilania energią pneumatyczną).

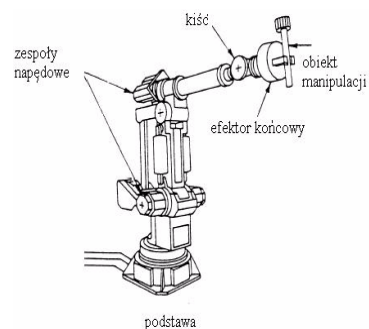
Często spotykane jest mieszane zasilanie robotów, np. energią elektryczną i pneumatyczną lub energią elektryczną i hydrauliczną.

Zadaniem układu sterowania jest generowanie sygnałów sterujących poszczególnymi napędami robota i urządzeń współpracujących z robotem. Sygnały te generowane są w oparciu o informacje dotyczące aktualnego stanu układu ruchu i urządzeń współpracujących i przetwarzane zgodnie z programem działania robota. Układ sterowania robotów jest zwykle wykonywany jako szafa sterownicza zawierająca:

- a) główny pulpit sterowniczy z urządzeniami do uruchamiania robota lub ręcznego sterowania,
- b) przenośny sterownik ręczny połączony z szafą długim kablem, służący do programowania robota i doprowadzania układu ruchu robota do kolejnych położeń wynikających z realizowanej trajektorii ruchu (ręczny programator, panel sterowania),
- c) jednostkę sterująco–logiczną (komputer), zawierającą pamięć operacyjną programów pracy robota i współpracującą przez układy wejścia-wyjścia (interfejsy) z:
 - serwonapędami układu ruchu,
 - układami pomiarowymi przemieszczeń,
 - czujnikami położeń chwytaków i narzędzi,
 - czujnikami stanu pracy urządzeń współpracujących z robotem.

Zadaniem układu ruchu jest fizyczna realizacja zaprogramowanej trajektorii ruchu robota, czyli przemieszczanie obiektu, którym robot manipuluje po określonym torze. Układ ruchu

składa się z układu kinematycznego (zbioru członów mechanicznych połączonych ruchowo), napędów wprowadzających w ruch odpowiednie człony układu kinematycznego oraz sensorów umożliwiających pomiary pozycji poszczególnych członów (rys. 4.2).



Rys. 4.2. Budowa układu ruchu robota przemysłowego [5]

Układ ruchu maszyn manipulacyjnych (manipulatorów i robotów) wzorowany jest na budowie ciała ludzkiego [11].

Zarówno w maszynie manipulacyjnej, jak i u człowieka można wyróżnić analogiczne człony składowe bardzo zbliżone do siebie pod względem funkcjonalnym: tzn. podstawa (korpus), dołączone do niego ramię (ramiona), kiść oraz mechanizm chwytowy. Układ kinematyczny stanowiący układ nośny maszyny manipulacyjnej odpowiada szkieletowi człowieka, natomiast mięśniom odpowiadają napędy poszczególnych członów mechanicznych układu ruchu. Rola, jaką spełniają podstawowe zespoły funkcjonalne układu ruchu jest następująca:

- podstawa – płyta lub inna konstrukcja stanowiąca pierwszy człon układu kinematycznego robota albo konstrukcja, z którą jest połączony nieruchomo pierwszy człon układu kinematycznego,
- ramię – zespół połączonych członów i napędzanych przegubów, który ustawia położenie kiści,
- kiść – zespół połączonych członów i napędzanych przegubów między ramieniem, a elementem roboczym, który podtrzymuje, ustawia i orientuje element roboczy,
- efektor – urządzenie przeznaczone do chwycenia i utrzymania obiektu manipulacji albo do bezpośredniego wykonania operacji technologicznej realizowanej przez robota.

Szczególne miejsce wśród wymienionych powyżej zespołów układu ruchu stanowią efekторы (chwytaki). Wynika to z autonomicznych w stosunku do samego robota zadań związanych bezpośrednio z samym przedmiotem manipulacji oraz realizowanym procesem (chwycenie, odpowiednia orientacja przedmiotu lub narzędzia, wykonanie procesu technologicznego).

Efektory traktowane muszą być jako urządzenia specjalne dokonstruowywane do robota.

We współczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych robotów układ ruchu jest z reguły wydzielony i stanowi odrębną jednostkę strukturalną robota. Układ sterowania oraz układ zasilania znajdują się w pewnym oddaleniu od układu ruchu. Wynika to z konieczności zapewnienia tym układom warunków bezpiecznego i pewnego działania poprzez wyeliminowanie lub ograniczenie szkodliwego wpływu zakłóceń mechanicznych (np. drgań), cieplnych, elektrycznych, itp., których źródłem mogą być urządzenia procesu produkcyjnego (urządzenia współpracujące), jak również sam układ ruchu robota.

Struktura jednostek kinematycznych układów manipulacyjnych i robotów

Układy ruchu (jednostki kinematyczne) robotów są zbiorem członów mechanicznych połączonych ruchowo. Człony te połączone są szeregowo tworząc tzw. łańcuch kinematyczny (rys.4.3). Dwa sąsiednie człony połączone ze sobą za pomocą złącza tworzą tzw. parę kinematyczną. Złącze umożliwia wzajemny ruch członów względem siebie.

Rys. 4.3. Przykłady struktur łańcucha kinematycznego stosowane do budowy maszyn manipulacyjnych

- a) łańcuch kinematyczny otwarty prosty
- b) łańcuch kinematyczny zamknięty prosty
- c) łańcuch kinematyczny złożony

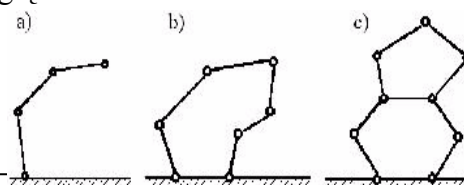
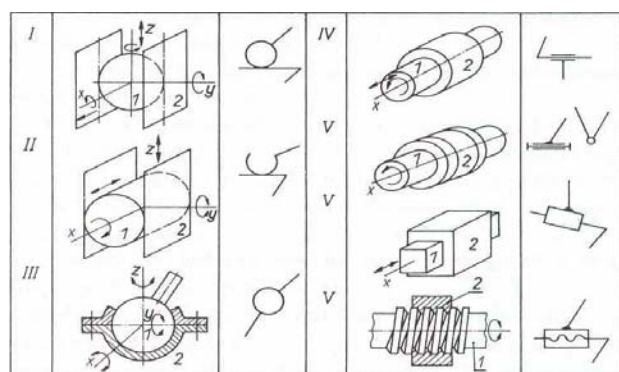


Tabela 4.1. Pary kinematyczne I, II, III, IV, V klasy [11]



Klasę pary kinematycznej określa liczba więzów nałożonych na każdy z członów tworzących tę parę. Liczba stopni swobody przedstawionych par kinematycznych dla poszczególnych klas wynosi: dla klasy I – 5, dla klasy II – 4, dla klasy III – 3, dla klasy IV – 2, dla klasy V – 1. We współczesnych konstrukcjach układów kinematycznych mają zastosowanie pary kinematyczne klasy V, a więc pary o ruchu liniowym, obrotowym lub śrubowym. Nie można wykluczyć

w przyszłości wykorzystania par kinematycznych klasy III oraz klasy IV [8].

Układy kinematyczne charakteryzowane są następującymi parametrami [11]:

- a) liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego (w)

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 i \cdot p_i,$$

gdzie: n – liczba członów (par kinematycznych) łańcucha kinematycznego,

i – numer klasy połączeń,

p_i – liczba połączeń par kinematycznych i – tej klasy połączeń,

- b) ruchliwość – liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego z unieruchomioną podstawą

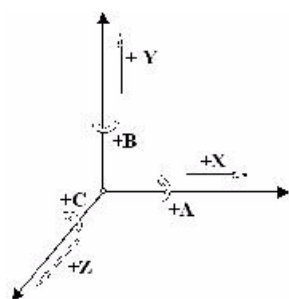
$$r = w - 6$$

- c) manewrowość – liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego mechanizmu z unieruchomioną podstawą oraz ostatnim członem łańcucha kinematycznego.

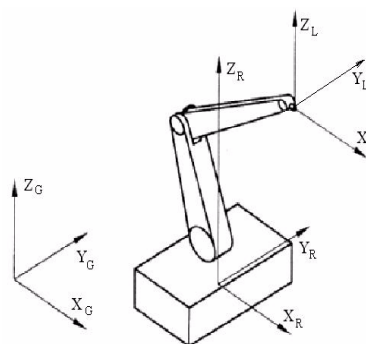
Człon mechanizmu wraz z dołączonym napędem umożliwiającym realizację określonego ruchu pary kinematycznej jest zespołem ruchu jednostki kinematycznej.

Pod pojęciem struktury kinematycznej łańcucha kinematycznego należy rozumieć określenie schematu kinematycznego w postaci szkicu wykorzystującego oznaczenia par kinematycznych wg tabeli 4.1 lub syntetycznego zapisu struktury kinematycznej oraz opis wymiarowy (geometrię) schematu kinematycznego. Struktura kinematyczna robota przemysłowego dotyczy więc rozmieszczenia elementów składowych robota wraz z przedstawieniem możliwości relacji między tymi elementami dla danego układu.

W analizie struktury kinematycznej maszyn manipulacyjnych stosuje się układ prostokątny przestrzenny (rys.4.4).



Rys. 4.4. Układ współrzędnych stosowany w analizie struktury kinematycznej maszyn manipulacyjnych
X, Y, Z - przemieszczenia liniowe (translacje) względem osi x, y, z
A, B, C - obroty (rotacje) względem osi x, y, z



Rys. 4.5. Położenie układów odniesienia zespołów ruchu robota

- globalny – $X_G, Y_G, Z_G, A_G, B_G, C_G$
- regionalny – $X_R, Y_R, Z_R, A_R, B_R, C_R$
- lokalny – $X_L, Y_L, Z_L, A_L, B_L, C_L$

Możliwości manipulacyjne członów robota określa się stosując trzy układy odniesienia (rys. 4.5):

- a) regionalny – oznaczany literą R, dotyczący przemieszczania ramion robota, a więc realizacji podstawowych dla robota działań manipulacyjnych,
- b) lokalny - oznaczany literą L, dotyczący przemieszczania efektora (chwytyka lub narzędzia), czyli działań orientowania i chwytania manipulowanego przedmiotu,
- c) globalny - oznaczany literą G, dotyczący przemieszczania robota względem stanowiska roboczego.

Jeżeli założymy, że robot przedstawiony na rys. 4.5. ma możliwość wykonywania przez oba ramiona obrotu względem osi Y regionalnego układu odniesienia oraz obrotu kiści względem osi X układu lokalnego to zapis struktury kinematycznej będzie miał postać: $\{ B_{1R}, B_{2R}, A_L \}$.

Struktura jednostki kinematycznej wraz z opisem wymiarowym schematu kinematycznego i zakresem przemieszczeń zespołów ruchu w sposób jednoznaczny określa przestrzeń ruchów mechanizmu (przestrzeń ruchów chwytyka lub narzędzia) - podanie jej kształtu i objętości przestrzeni ruchów ma istotne znaczenie dla użytkownika maszyny manipulacyjnej. W celu racjonalnego i bezpiecznego użytkowania jednostek kinematycznych maszyn manipulacyjnych definiuje (określa) się następujące przestrzenie:

- a) główna przestrzeń robocza – przestrzeń, w obrębie której przemieszcza się konstrukcyjne zakończenie ostatniego, wolnego, ale nierozdzielnie związanego z mechanizmem jednostki kinematycznej członu (z reguły sprzęgu chwytyka),
- b) pomocnicza przestrzeń robocza – przestrzeń w obrębie której przemieszczają się dodatkowe człony mechanizmu jednostki kinematycznej maszyny manipulacyjnej, np. chwytyki, narzędzia,
- c) przestrzeń kolizyjna – przestrzeń w obrębie której zawierają się wszystkie elementy konstrukcyjne i przemieszczają się wszystkie człony mechanizmu jednostki kinematycznej,
- d) przestrzeń strefy zagrożenia (strefa zagrożenia) – przestrzeń zabroniona przepisami lub normami bhp dla obsługi w czasie pracy jednostki kinematycznej.

Jednostki kinematyczne współczesnych maszyn manipulacyjnych budowane są w oparciu o pięć podanych w tabeli 4.2 struktur kinematycznych.

Tabela 4.2. Konfiguracja, oznaczenia, schematy i przestrzenie robocze robotów o różnych strukturach kinematycznych układu ruchu

struktura układu osi	kartezjaska	cylindryczna	sferyczna	polarna (antropomorficzna)	SCARA
konfiguracja					
schemat kinematyczny					
przestrzeń robocza					

Zespoły ruchu układów manipulacyjnych i robotów (rys. 4.6)

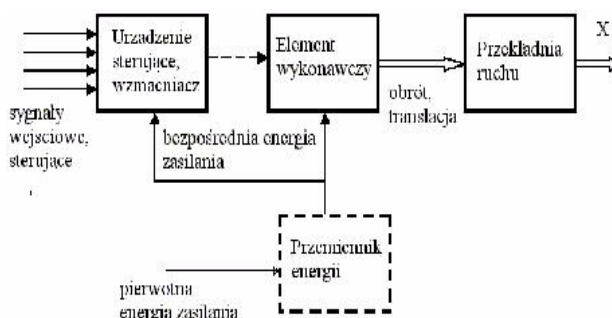
W skład zespołu ruchu maszyn manipulacyjnych wchodzi dwa układy:

- układ napędowy,
- układ pomiarowy parametrów ruchu (położenia, prędkości i przyspieszenia, przemieszczenia).

Zadaniem napędów jest wprowadzanie w ruch poszczególnych zespołów układu kinematycznego i efektora końcowego zgodnie z potrzebami wynikającymi z programu pracy maszyny manipulacyjnej. Dla każdej pary kinematycznej stosuje się odrębny napęd. Układy napędowe maszyn manipulacyjnych są z reguły zasilane energią przetworzoną w odrębnym układzie zasilania (energia elektryczna, hydrauliczna, pneumatyczna). Ważnymi elementami składowymi zespołów ruchu są przekładnie ruchu, których zadaniem jest dostosowywanie parametrów i rodzaju ruchu do potrzeb danego członu jednostki kinematycznej (zmiana prędkości ruchu elementu wykonawczego lub zamiana ruchu obrotowego na ruch liniowy, ewentualnie ruchu liniowego na obrotowy).

Napędy maszyn manipulacyjnych posiadają specyficzne właściwości odróżniające je od napędów innych maszyn technologicznych [4]:

1. Maszyny manipulacyjne posiadają kilka stopni swobody, każdemu z tych stopni przyporządkowany jest odrębny zespół napędowy. W celu zrealizowania przez maszynę konkretnego ruchu konieczne jest jednoczesne działanie kilku napędów.
2. Zakres obciążeń poszczególnych napędów zmienia się w szerokim przedziale. Najczęściej występują obciążenia inercyjne, co ma decydujący wpływ na dobór rodzaju napędu.
3. Wymagana jest duża dokładność pozycjonowania elementu roboczego (efektora) oraz dobra jakość procesów dynamicznych. Odtwarzanie żądanej trajektorii lub żądanej pozycji powinno być zrealizowane bez przeregulowań. Biorąc pod uwagę to, że maszyna manipulacyjna zawiera kilka par kinematycznych, od napędu wymagana jest wysoka dokładność.
4. Wymagana jest możliwość pracy maszyny manipulacyjnej przy znacznych obciążeniach dynamicznych i w nieustalonych warunkach eksploatacji.
5. Napędy pracują długotrwale w stanie bezruchu elementu roboczego.



Rys. 4.6. Struktura funkcjonalna zespołu ruchu robota

NAPĘDY PNEUMATYCZNE maszyn manipulacyjnych składają się z (rys. 4.7):

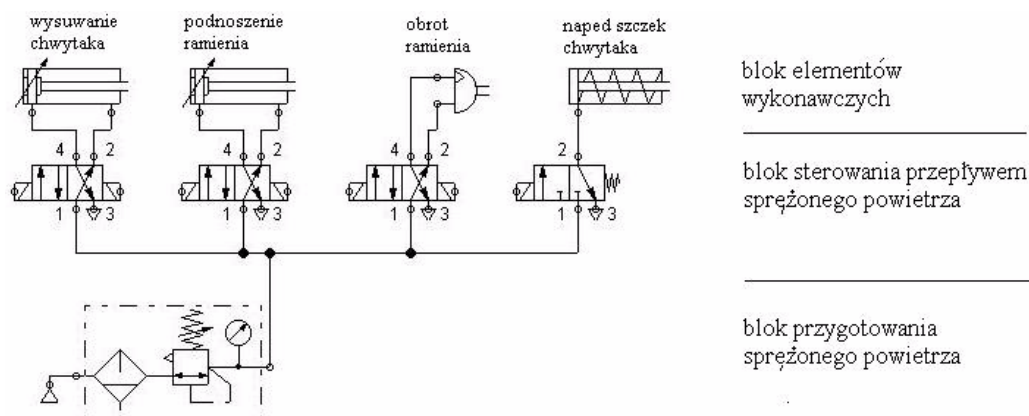
- bloku przygotowania czynnika roboczego (sprężonego powietrza),
- bloku sterowania przepływem sprężonego powietrza,
- bloku elementów wykonawczych.

Blok przygotowania czynnika roboczego w wielu przypadkach stanowi wyposażenie maszyny manipulacyjnej, ale często powietrze zasilające układ napędowy pobierane jest z lokalnej lub ogólnozakładowej sieci sprężonego powietrza.

Najczęściej stosowane są słowniki:

- 1) tłokowe (jednostronnego działania, dwustronnego działania, beztłoczyskowe),
- 2) wahadłowe,
- 3) membranowe,
- 4) mieszkowe.

Siłowniki tłokowe i wahadłowe stosowane są z reguły w napędach ruchów regionalnych, natomiast siłowniki membranowe oraz mieszkowe wykorzystywane są w napędach ruchów lokalnych.



Rys. 4.7. Struktura pneumatycznego napędu maszyny manipulacyjnej [4]

- Zalety napędów pneumatycznych wykorzystywanych w zespołach ruchu maszyn manipulacyjnych:
- prosta konstrukcja,
- duża prędkość elementu wyjściowego napędu (1 m/s przy przesunięciach liniowych, 60 obr/min przy przesunięciach kątowych),
- proste sterowanie sekwencyjne, gdyż pozycjonowanie odbywa się za pomocą nastawnych zderzaków,
- wystarczająca dokładność pozycjonowania w punktach określonych przez położenia zderzaków,
- możliwość pracy w środowisku agresywnym i zagrożonym pożarem,
- duży współczynnik sprawności (do 0,8),
- mały stosunek masy napędu do uzyskiwanej mocy,
- mały koszt napędu i całego robota oraz małe nakłady materiałowe związane z eksploatacją,
- odporność na przeciążenia i wibracje.

Do wad napędu pneumatycznego należy zaliczyć:

- niestalość prędkości członu wyjściowego napędu przy zmianach obciążeń, spowodowana ściśliwością powietrza (czynnika roboczego),
- ograniczona ilość punktów pozycjonowania (najczęściej dwa punkty), zwiększenie liczby punktów pozycjonowania wymaga zastosowania specjalnych urządzeń pozycjonujących,
- konieczność wyhamowania ruchu członu wyjściowego napędu w końcowej fazie ruchu, ponieważ przy dużych prędkościach jego uderzenie o twarde zderzak powodowałoby znaczne przeciążenie dynamiczne,
- głośna praca napędu.

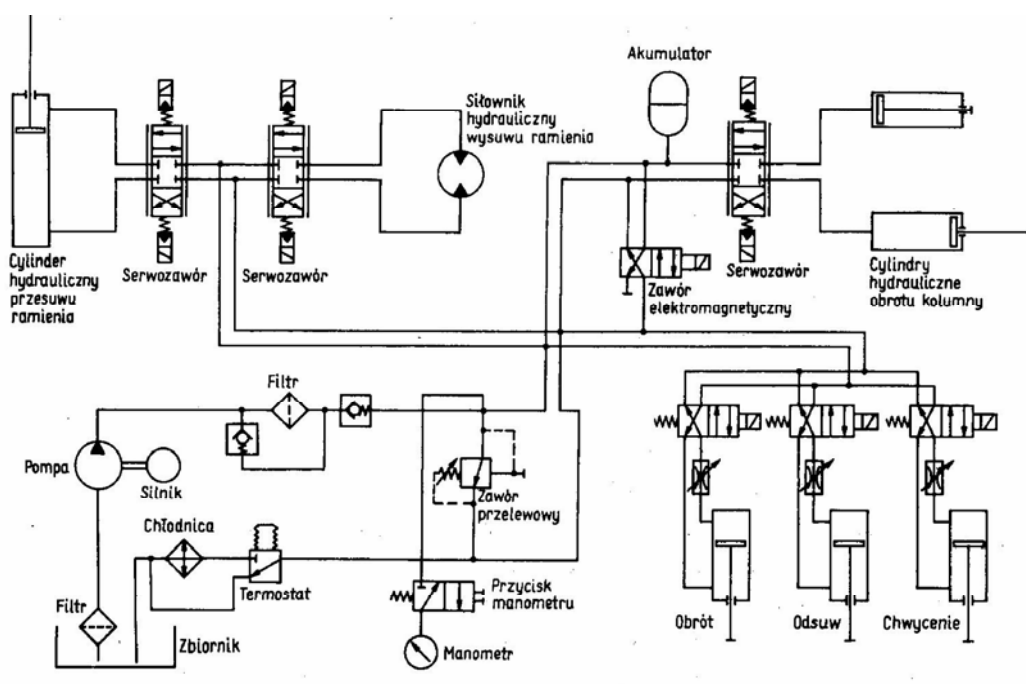
NAPĘDY ELEKTROHYDRAULICZNE robotów przemysłowych budowane są z reguły jako serwonapędy.

W skład napędu hydraulicznego robota przemysłowego wchodzi (rys. 4.8):

- 1) zespół zasilania hydraulicznego,
- 2) zespół urządzeń sterujących przepływem cieczy roboczej (układ serwoworów – wzmacniaczy elektrohydraulicznych – zapewniający zadawanie stanów elementów wykonawczych napędu zgodnie z założonym programem),
- 3) zespół elementów wykonawczych napędu (siłowniki, silniki hydrauliczne).

W napędach hydraulicznych zespołów ruchu maszyn manipulacyjnych stosuje się układy ze zmienną wydajnością (ze zmiennym wydatkiem) oraz ciśnieniem. Układ ten, w przypadku gdy napędy robota są nieruchome (tzn. gdy chłonność układu jest zerowa), pozwala zminimalizować straty energetyczne układu spowodowane przelewaniem przez zawory przelewowe nadmiaru cieczy roboczej do zbiornika.

Zadaniem zespołu sterowania przepływem cieczy roboczej jest także zasilanie hydraulicznych elementów wykonawczych przemieszczających poszczególne człony kinematyczne maszyny manipulacyjnej, aby przyjmowały one określone przez program położenia. Urządzeniami zasilającymi w ciecz roboczą siłowniki (silniki) hydrauliczne są serwozawory (wzmacniacze elektrohydrauliczne). Istotą działania serwozaworu jest sterowanie strumieniem cieczy roboczej o dużej mocy hydraulicznej, sygnałami elektrycznymi o małej mocy. Sygnały te generowane są przez układ sterowania robota. W napędach hydraulicznych współczesnych robotów stosowane są wzmacniacze dwustopniowe.



Rys. 4.8. Struktura funkcjonalna napędu hydraulicznego maszyny manipulacyjnej. [1]

Zadaniem elementów wykonawczych napędów hydraulicznych jest także oddziaływanie na poszczególne człony układu kinematycznego, aby przyjmowały one położenia wynikające z programu działania robota. Najczęściej są to (rys. 4.9 oraz 4.10):

- siłowniki liniowe,
- silniki wysokomomentowe.



Rys. 4.9. Siłownik hydrauliczny [12]



a)



b)

Rys. 4.10. Silniki hydrauliczne wysokomomentowe
a) tłokowy osiowy,
b) tłokowy promieniowy [12]

Napędy elektrohydrauliczne stosowane są w ok. 30% współcześnie produkowanych robotów - szczególnie robotów o dużym udźwigu.

Zaletami stosowania napędów elektrohydraulicznych są:

- 1) możliwość uzyskania dużej mocy napędu przy zachowaniu małej jego masy,
- 2) duża szybkość reakcji, dobre własności dynamiczne wynikające z korzystnego stosunku sił (momentów) czynnych do mas momentów bezwładności,
- 3) wysoka stabilność prędkości ruchu elementów wykonawczych, duża dokładność pozycjonowania niezależnie od zmian obciążeń,
- 4) bezstopniowe nastawianie prędkości ruchu elementu wykonawczego,
- 5) możliwość uzyskiwania małych prędkości ruchu elementu wykonawczego bez konieczności stosowania przekładni,
- 6) łatwość sterowania,
- 7) duża trwałość.

Do głównych wad napędów elektrohydraulicznych stosowanych w maszynach manipulacyjnych należą:

- 1) konieczność stosowania zespołów zasilania hydraulicznego, co znacznie zwiększa masę robota i niekorzystnie wpływa na jego mobilność i autonomiczność,
- 2) wrażliwość na zanieczyszczenie cieczy roboczej,
- 3) możliwość występowania przecieków, co ogranicza zastosowanie w niektórych procesach,
- 4) brak możliwości stosowania w środowisku zagrożonym pożarem lub wybuchem,
- 5) wysoki koszt eksploatacji napędów hydraulicznych w porównaniu z pneumatycznymi i elektrycznymi [4].

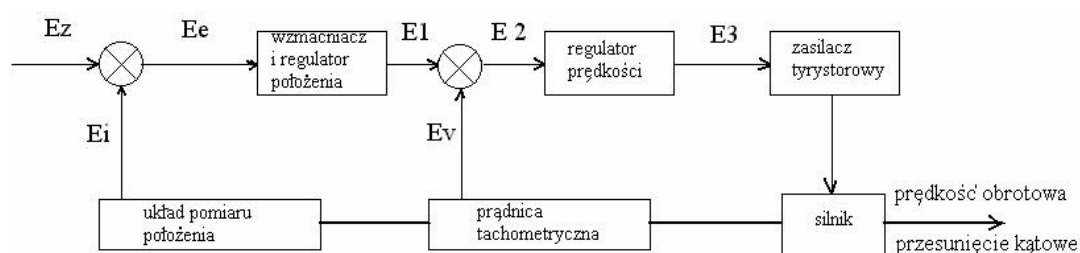
NAPĘDY ELEKTRYCZNE stosowane w konstrukcjach współczesnych robotów przemysłowych to:

a) Napędy prądu stałego (rys. 4.11) z:

- wysokomomentowymi komutatorowymi silnikami prądu stałego,
- bezszczotkowymi silnikami prądu stałego.

b) Napędy prądu przemiennego z silnikami indukcyjnymi (rys. 4.12) i synchronicznymi.

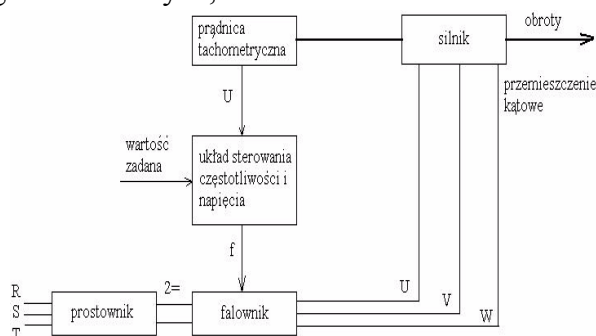
c) Napędy z silnikami skokowymi (krokowymi).



Rys. 4.11. Schemat blokowy serwonapędu tyrystorowego z silnikiem prądu stałego [4]

Do napędu robotów przemysłowych stosowane są następujące silniki komutatorowe:

- wolnoobrotowe o stałym wzbudzeniu od magnesów trwałych,
- szybkoobrotowe z wirnikiem tarczowym.



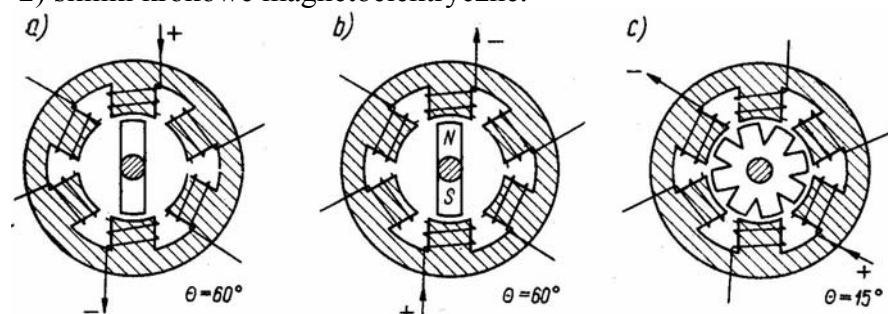
Rys. 4.12. Schemat blokowy serwonapędu prądu przemiennego z silnikiem indukcyjnym [4]

W serwonapędach prądu przemiennego najczęściej stosowane są indukcyjne silniki prądu przemiennego z wirnikiem klatkowym. Wchodzą one w skład tzw. układów napędowych AC – CNC, które oprócz silnika zawierają również zespoły zasilająco-sterujące przystosowane do współpracy z mikroprocesowymi układami sterowania. Dzięki temu spełniają wymagania stawiane napędom robotów przemysłowych, takie jak:

- bezstopniowa zmiana prędkości obrotowej w całym przedziale (dzięki zmianie częstotliwości napięcia zasilającego),
- unieruchomienie ramienia robota momentem silnika,
- pozycjonowanie kątowe dyskretne, ciągły obrót powiązany z innymi sterowanymi numerycznie ruchami regionalnymi. Elektryczne silniki krokowe są urządzeniami umożliwiającymi bezpośrednie przetwarzanie cyfrowych sygnałów sterujących na przesunięcie liniowe lub kątowe. Mogą one pracować w otwartym układzie sterowania zapewniając przy tym dużą dokładność pozycjonowania. Eliminują przez to potrzebę stosowania pomiarowych przetworników przemieszczeń.

Stosowane są dwa podstawowe rodzaje silników krokowych (rys. 4.13):

- silniki krokowe reluktancyjne,
- silniki krokowe magnetoelektryczne.



Rys. 4.13. Silniki krokowe: a) reluktancyjny, b) magnetoelektryczny z magnesem stałym, c) reluktancyjny ośmiobiegunowy

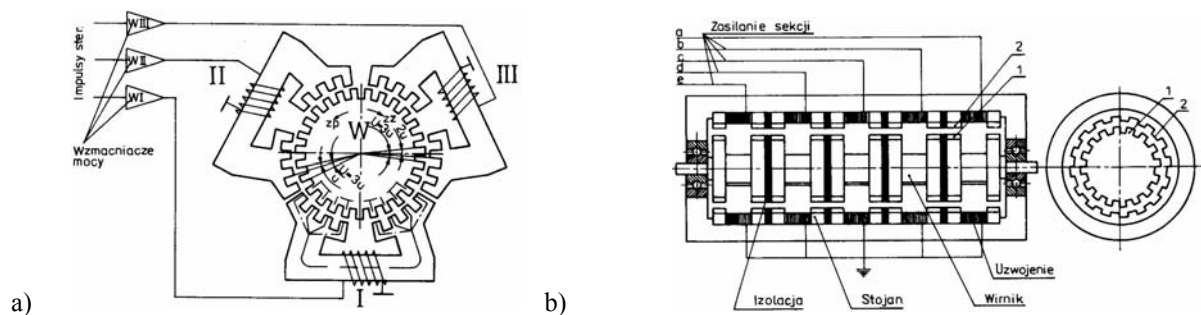
Przedstawione silniki krokowe są tzw. silnikami wysokomomentowymi, charakteryzującymi się dość dużym skokiem podstawowym (nie mniej niż $3,6^\circ$), niską częstotliwością przełączeń (kilkaset Hz) oraz dużym momentem obrotowym (do 20 [Nm]).

W praktycznych rozwiązaniach dąży się do uzyskania jak największej liczby skoków przypadających na pełny obrót wirnika, co zmniejsza skok dyskretyzacji położenia. Zmniejszenie wartości skoku można osiągnąć przez:

- zwiększenie liczby faz silnika,
- zastosowanie wirnika o odstępie między biegunami innym niż odstęp między biegunami stojana,
- zwiększenie liczby biegunów stojana i wirnika,
- dobór odpowiedniej metody sterowania,
- zastosowanie jednocześnie kilku podanych sposobów (hybrydowe).

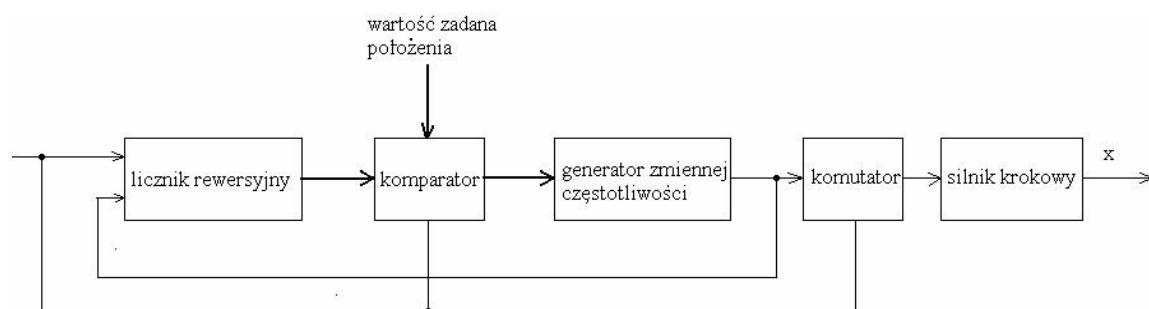
Spośród rozwiązań silników posiadających małe skoki podstawowe najbardziej popularnymi są (rys. 4.14):

- silniki osiowe (pięciosekcyjny),
- silniki promieniowe (trójsekcyjny).



Rys. 4.14. Silniki skokowe niskomomentowe: a) trójsekcyjny, b) osiowy pięciosekcyjny [4]

Są to tzw. silniki niskomomentowe charakteryzujące się wysoką częstotliwością przełączania (do 16 kHz), małym skokiem ($1,5^\circ - 1,2^\circ$) oraz niewielkim momentem obrotowym.



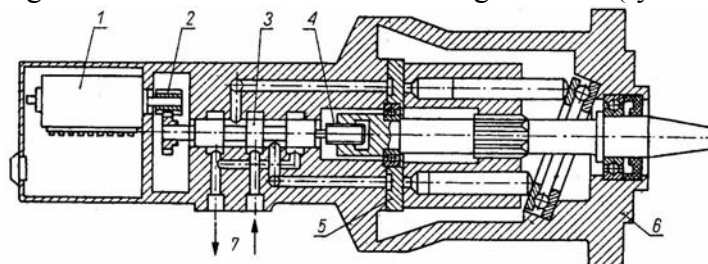
Rys. 4.15. Schemat blokowy elektrycznego układu napędowego z silnikiem krokowym numerycznie pozycjonowanego zespołu ruchu [8]

Zasada pracy elektrycznego układu napędowego z silnikiem krokowym przedstawiona jest na rys. 4.15.

Charakterystyczną cechą silników krokowych, stanowiącą utrudnienie w ich wykorzystaniu w zespołach ruchu jednostek kinematycznych robotów, jest niesztwność położeń ustalonych (oscylacyjny charakter zmian położenia wirnika). Wytlumienie drgań wirnika silnika krokowego można uzyskać poprzez:

- tłumienie elementem napędzanym przez silnik,
- wyposażenie silnika w tłumik,
- odpowiednie sterowanie silnika.

Pełne wykorzystanie zalet silników krokowych niskomomentowych i wyeliminowanie ich wad (tzn. mały moment obrotowy silników krokowych) zrealizowano dzięki skonstruowaniu tzw. elektrohydraulicznego silnika krokowego (rys. 4.16).



Rys. 4.16. Elektrohydrauliczny silnik krokowy [8]

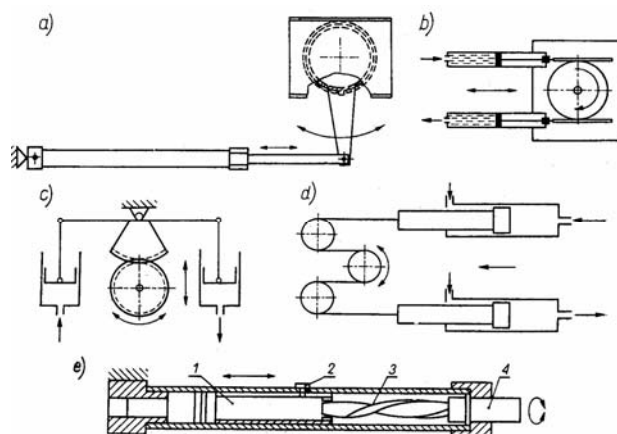
PRZEKŁADNIE RUCHU stosowane są w przypadkach:

- 1) dopasowania rodzaju ruchu realizowanego przez element napędowy do rodzaju ruchu realizowanego przez człon napędzany,
- 2) dopasowania zakresu i prędkości ruchu realizowanego przez element napędowy do zakresu i prędkości ruchu realizowanego przez człon napędzany.

Ze względu na rodzaj ruchów wejściowych oraz wyjściowych w zespołach napędowych robotów wykorzystywane są przekładnie:

- a) przemieszczenie liniowe na obrót (rys. 4.17),
- b) obrót na obrót,
- c) obrót na przemieszczenie liniowe.

Przekładnie przemieszczenie liniowe – obrót są stosowane w przypadku zastosowania siłowników liniowych do napędu obrotowych zespołów ruchu. Przekładnie te mogą stanowić wspólną konstrukcję z siłownikami liniowymi tworząc siłowniki o ruchu wahadłowym, bądź stanowić odrębne elementy konstrukcji układu napędowego zespołu ruchu.

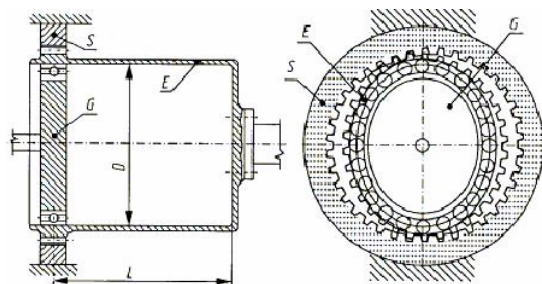


Rys. 4.17. Zasady działania przekładni przemieszczenie liniowe – obrót [8]

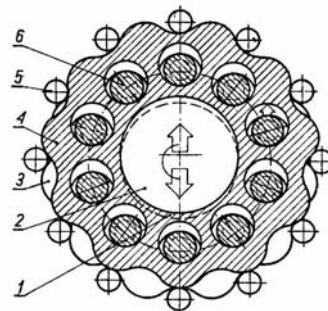
W przypadku napędzania obrotowych zespołów ruchu siłownikami wahadłowymi lub silnikami, najkorzystniejsza byłaby identyczność parametrów ruchu zespołu ruchu i elementu napędzającego. Jednakże najczęściej elementami napędzającymi są silniki wysokoobrotowe, a obroty zespołów ruchu są o wiele wolniejsze, dlatego zachodzi konieczność stosowania przekładni redukcyjnych o bardzo dużych przełożeniach (od 1: 50 do 1:500).

Stosowane są powszechnie znane przekładnie:

- zębate walcowe oraz walcowo-kątowe,
- planetarne oraz przekładnie umożliwiające uzyskiwanie znacznych przełożeń (w jednym stopniu 1:300) - falowe (rys. 4.18),
- kształtowo-toczne (rys. 4.19).

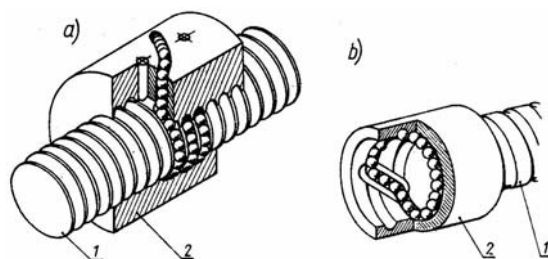


Rys. 4.18 Przekładnia falowa [4], [8]



Rys. 4.19 Przekładnia kształtowo-toczna [4]

Jako przekładnie obrót – przemieszczenie liniowe stosowane są przekładnie śrubowe, zwłaszcza przekładnie śrubowo-toczone (rys. 4.20).



Rys. 4.20. Zasada budowy przekładni śrubowo-toczonej: a) z zewnętrznym obiegiem kulek, b) z wewnętrznym obiegiem kulek [8]

Przekładnie stosowane w zespołach ruchu jednostek kinematycznych maszyn manipulacyjnych powinny spełniać następujące wymagania:

- 1) wysoka dokładność przenoszenia ruchu,
- 2) bezluzowość,
- 3) małe momenty bezwładności wirujących mas,
- 4) duża sztywność skrętna.

Układy pomiarowe położenia i przemieszczenia zespołów ruchu maszyn manipulacyjnych

Informacje generowane przez te układy wykorzystywane są w pętli sprzężenia zwrotnego serwonapędów i umożliwiają regulację położenia organu wykonawczego serwonapędu.

W strukturze funkcjonalnej układu pomiarowego położenia i przemieszczenia występują:

- a) czujnik pomiarowy przekształcający parametr ruchu (przemieszczenie, prędkość) na inną wielkość fizyczną,
- b) układ zasilająco-przekształcający (przetwornik) – układ umożliwiający uzyskanie elektrycznego sygnału pomiarowego.

Ze względu na specyfikę pracy jednostek kinematycznych maszyn manipulacyjnych układom pomiarowym w nich stosowanym stawia się następujące wymagania:

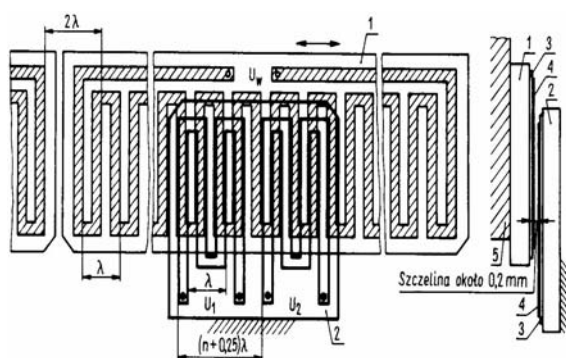
- 1) duży zakres pomiarowy (osiągający kilka metrów w przypadku robotów bramowych),
- 2) wysoka dokładność pomiaru wynosząca dla przemieszczenia liniowego od 10^{-4} do 10^{-5} (co oznacza dokładność pomiaru 0,1 do 0,01 [mm] na długości 1[m]), a dla przemieszczenia kąтового 10^{-3} (tzn. 1/1000 obrotu),
- 3) przystosowanie do pracy w warunkach trudnych, w środowiskach o dużym zapyleniu, wysokiej temperatury, zagrożenia wybuchem i pożarem, wibracji, dynamiczne zmiany prędkości i przyspieszenia,
- 4) sygnał wyjściowy elektryczny, dogodny do dalszego przetwarzania.

Cechą charakterystyczną działania maszyn manipulacyjnych jest rozpoczynanie pracy (również po zaniku napięcia) od punktu bazowego (tzw. referencyjnego), w którym następuje wyzerowanie liczników i inicjacja działania układu pomiarowego.

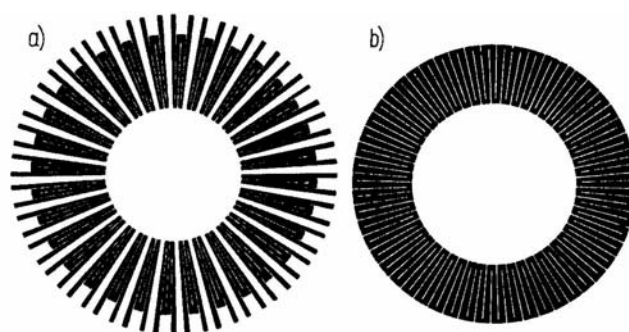
Zadaniem układów pomiarowych stosowanych w zespołach ruchu jest pomiar przemieszczenia liniowego i kąowego (również prędkości i przyspieszeń). Najczęściej stosowane są:

- a) potencjometry pomiarowe obrotowe – układy pomiarów absolutnych w napędach ruchu lokalnego, np. w napędach ruchu obrotowego chwytaków, gdy zakres obrotu nie przekracza 360° ; negatywną właściwością potencjometrów jest ich niska trwałość spowodowana wycieraniem się styków,
- b) selsyny przelicznikowe (rezolwery) - selsyny są jednym z bardziej rozpowszechnionych układów pomiarowych ze względu na następujące zalety:
 - bardzo wysoka dokładność pomiaru (5 minut kątowych, tzn. 1/1000 obrotu),

- duża trwałość i niezawodność wynikająca z braku części zużywających się (bezstykowe przekazywanie napięcia indukowanego w wirniku),
 - prosty układ przetwarzania sygnałów pomiarowych,
 - niska cena,
- c) induktozyny liniowe i obrotowe – induktozyny są indukcyjnymi czujnikami do bezpośredniego pomiaru przemieszczeń liniowych (induktozyn liniowy) (rys.4.21) lub kątowych (induktozyn obrotowy) (rys. 4.22), dokładność induktozyn liniowych wynosić może $\pm 2,5 [\mu\text{m}]$, a induktozynów obrotowych $\pm 3'$, zakres pomiarowy do 1800 [mm]
- d) fotoelektryczne przetworniki impulsowe - mogą być wykorzystywane do pomiaru przemieszczenia kątowego (przetwornik obrotowo – impulsowy) oraz przemieszczenia linowego (liniał kreskowy - zakres pomiarowy do 3 [m]); zalety fotoelektrycznych przetworników obrotowo- impulsowych:
- wysoka niezawodność działania, odporność na zakłócenia,
 - prosty montaż i ochrona przed zanieczyszczeniami,
 - wysoka rozdzielczość (do 1/5000 obrotu, zwykle 1/1000),
 - wysokie dopuszczalne parametry ruchu (prędkość, przyspieszenie),
 - niski koszt.



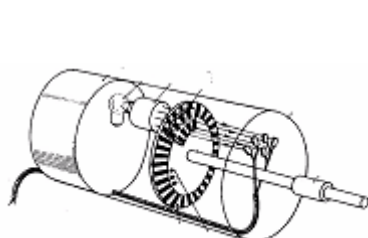
Rys. 4.21. Induktozyn liniowy [4]



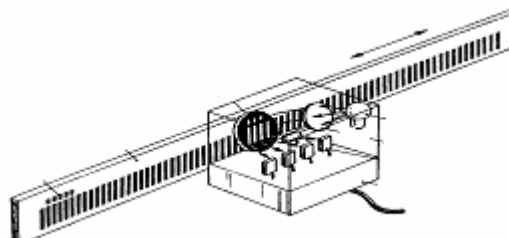
Rys. 4.22. Induktozyn obrotowy [4]

FOTOELEKTRYCZNE PRZETWORNIKI KODOWE.

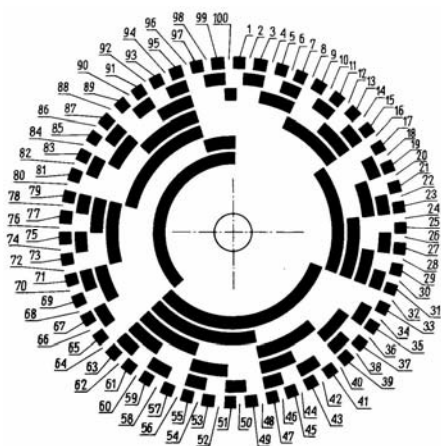
Fotoelektryczne przetworniki kodowe budowane są jako przetworniki do pomiaru przemieszczenia kątowego (rys. 4.23, rys. 4.25) oraz przemieszczenia liniowego (rys. 4.24). Stosowane są tam, gdzie konieczne jest użycie układu pomiarowego absolutnego o wysokiej dokładności. Najważniejszą cechą liniałów i tarcz kodowych jest trwałe zapamiętywanie zmierzonego położenia. Wyłączenie sterowania lub chwilowy zanik napięcia zasilającego nie powoduje utraty informacji. Zastosowanie przetworników kodowych nie wymaga najazdu na punkt bazowy (referencyjny) po każdorazowym uruchomieniu robota.



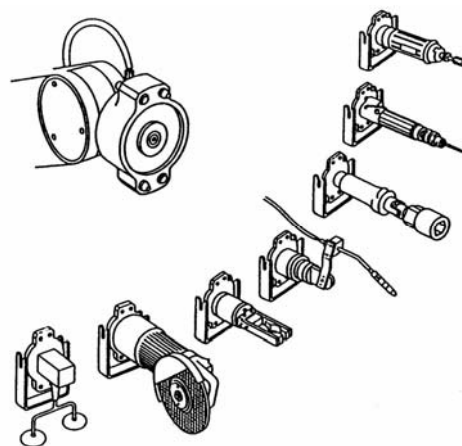
Rys. 4.23. Zasada działania fotoelektrycznego przetwornika obrotowo-impulsowego [4]



Rys. 4.24. Zasada działania fotoelektrycznego liniowego przetwornika impulsowego [4]



Rys. 4.25. Fotelektryczna tarcza kodowa [4]



Rys. 4.26. Narzędzia i uchwyty mocowane w kiści robota [11]

Urządzenia chwytające i narzędzia układów manipulacyjnych i robotów

Maszyny manipulacyjne, niezależnie od ich przeznaczenia, wyposażone są w odpowiednie końcówki manipulacyjne zwane efektorami końcowymi. W przypadku maszyn manipulacyjnych przeznaczonych do zadań transportowych efektorami są chwytaki. Natomiast w maszynach manipulacyjnych przeznaczonych do wykonywania czynności technologicznych rolę efektorów pełnią odpowiednie narzędzia (rys. 4.26). Transportowanie obiektu składa się z trzech faz:

- 1) pobranie (uchwycenie) obiektu z miejsca składowania,
- 2) trzymanie obiektu podczas jego przemieszczania,
- 3) uwolnienie obiektu w miejscu przeznaczenia.

Każda z tych faz wiązać się może z realizacją wielu operacji rozpoznania obiektu manipulacji, określenia jego pozycji i zorientowania oraz przemieszczenie członów mechanizmu chwytaka powodujące uchwycenie obiektu.

Poprawne uchwycenie obiektu manipulacji zależy od:

- sposobu unieruchomienia obiektu w chwytaku,
- parametrów obiektu manipulacji,
- wzajemnego początkowego ustawienia chwytaka i obiektu,
- warunków dynamicznych procesu manipulacji.

Sposób unieruchomienia powinien zagwarantować niezmienną pozycję obiektu względem chwytaka w czasie trwania procesu manipulacji. Parametry obiektu manipulacji (np. kształt i gabaryty, masa, rodzaj materiału, odporność na naprężenia zewnętrzne, gładkość powierzchni) mają wpływ na konstrukcję chwytaka – siłę zacisku, sposób przemieszczania szczęk, zastosowanie odpowiednich czujników. Przy niedokładnym wzajemnym początkowym ustawieniu chwytaka i obiektu mogą wystąpić podczas chwytania niepożądane obciążenia, które mogą być przejmowane przez obiekt, jednostkę kinematyczną maszyny manipulacyjnej oraz urządzenia współpracujące i stanowić zagrożenie dla poprawnej pracy robota. Warunki dynamiczne procesu manipulacji (rodzaj wykonywanych ruchów oraz przyspieszenia) powodują znaczne zmiany wartości oraz kierunku i zwrotu sił wypadkowych działających na obiekt. Poprawne uchwycenie polega na unieruchomieniu obiektu w najbardziej niekorzystnych warunkach dynamicznych.

Trzymanie obiektu w czasie procesu manipulacji może wiązać się z:

- kontrolą obecności obiektu w chwytaku,
- kontrolą poprawności osadzenia obiektu w chwytaku,
- regulacją siły chwytu.

Uwolnienie obiektu w miejscu przeznaczenia może wiązać się z:

- koniecznością rozpoznania miejsca, w którym obiekt manipulacji ma być umieszczony,
- koniecznością pomiaru i ewentualnie sterowania sił i momentów powstających na skutek zetknięcia się przemieszczanego obiektu z podłożem.

Wyróżnić można dwa podstawowe sposoby oddziaływania chwytaka na obiekt manipulacji [8]:

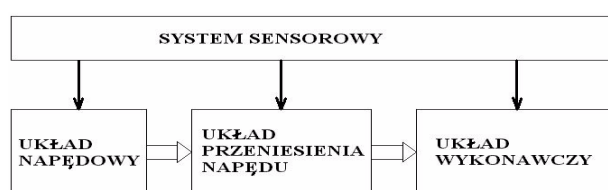
- przez wytworzenie pola sił działających na obiekt – chwytanie siłowe
- przez wytworzenie połączeń pomiędzy elementami chwytaka i obiektem pozbawiających obiekt wszystkich stopni swobody – chwytanie kształtowe.

W przypadku chwytania siłowego siły oddziałujące na obiekt manipulacji mogą być typu:

- naprężającego (ściskające lub rozciągające), - przyciągającego (adhezyjnego).

Chwytaki realizujące chwytanie kształtowe oraz siłowe naprężające nazywane są chwytakami mechanicznymi, natomiast chwytakami realizującymi chwytanie adhezyjne są chwytaki podciśnieniowe oraz magnetyczne.

CHWYTAKI MECHANICZNE.



Rys. 4.27. Struktura chwytaka mechanicznego

W chwytakach mechanicznych, których struktura przedstawiona jest na rys. 4.27, stosowany może być napęd pneumatyczny, hydrauliczny lub elektryczny. Współcześnie duże znaczenie ma napęd elektryczny.

Przykłady budowy najczęściej stosowanych układów przeniesienia napędu chwytaków przedstawia poniższa tabela 4.3.

Tabela 4.3. Przykłady budowy najczęściej stosowanych układów przeniesienia napędu chwytaków mechanicznych

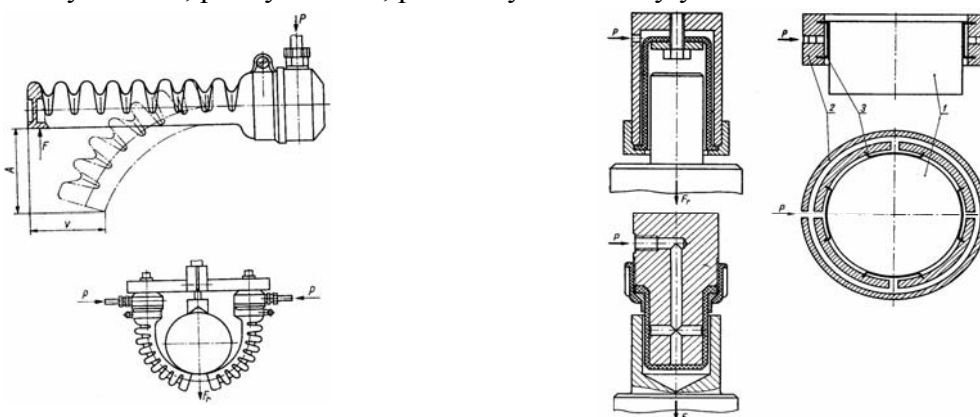
Suwakowo - korbowy	Równoległy czworobok przegubowy	Z zębatką
Z równoległym popychaczem krzywkowym	Z klinem	

Z prostym przegubem	Równoległy z dźwignią pojedynczą	Równoległy z dźwignią podwójną
Z mechanizmem śrubowym	Zębnik z dwoma zębatkami	
Zębatka z dwoma zębnikami	Zacisk jednostronny	Haki i widelce

Elementami wykonawczymi chwytaków mogą być również elastyczne końcówki chwytne.

Elastyczne końcówki chwytne wykonywane są ze specjalnie profilowanego elastomeru lub gumy i zmieniają swój kształt pod wpływem ciśnienia sprężonego powietrza (lub cieczy roboczej) podawanego do ich wnętrza. Chwytniki z elastycznymi końcówkami chwytymi (rys. 4.28) są często stosowane z uwagi na ich zalety, takie jak:

- 1) możliwość chwytania przedmiotów kruchych, o delikatnych ściankach, skomplikowanych kształtach,
- 2) możliwość budowania chwytaków z wieloma końcówkami chwytymi, dzięki czemu są one bardziej uniwersalne,
- 3) możliwość nastawiania wartości siły chwytu dzięki nastawieniu odpowiedniej wartości ciśnienia sprężonego powietrza lub cieczy roboczej,
- 4) niski koszt wykonania, prosty montaż, prosta wymiana zużytych elementów.

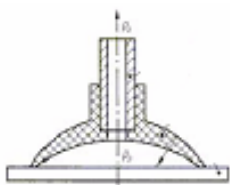


Rys. 4.28. Zasada budowy i działania chwytaków z elastycznymi końcówkami [8]

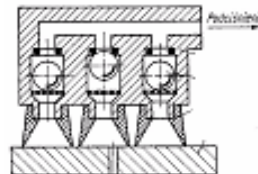
CHWYTAKI PODCIŚNIENIOWE (PRÓŻNIOWE).

Chwytniki podciśnieniowe (próżniowe) (rys. 4.29, rys. 4.30) wykorzystują zasadę powstania siły dzięki istnieniu podciśnienia w przestrzeni ograniczonej powierzchnią obiektu manipulacji

i czasą elastycznej przyssawki. Podciśnienie w komorze przyssawki wytwarzane jest przez strumienie gazowe (iniektory) lub przez tłokowe lub wirnikowe pompy próżniowe.



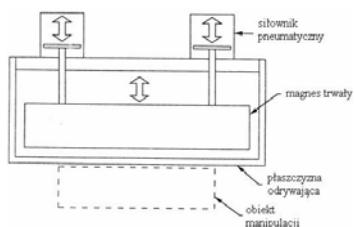
Rys. 4.29. Zasada budowy chwytaka próżniowego [8]



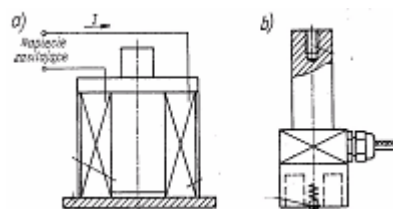
Rys. 4.30. Trójpzssawkowy chwytak podciśnieniowy z zaworami doszczelniającymi [8]

W celu zwiększenia pewności chwycenia stosuje się kilka (co najmniej trzy) przyssawki zamocowane w jednym korpusie posiadające wspólny kolektor podciśnieniowy z zaworami kulowymi gwarantującymi doszczelnienie kolektora podciśnieniowego. Ze względu na prostotę konstrukcji, mały ciężar, niski koszt chwytaki podciśnieniowe są powszechnie stosowane.

CHWYTAKI MAGNETYCZNE.



Rys. 4.31. Zasada działania chwytaka z magnesem trwałym [5]



Rys. 4.32. Chwytak elektromagnetyczny [8]

W chwytakach magnetycznych (rys. 4.31, rys. 4.32) pole sił działających na obiekt manipulacji wytwarzany jest w dwojaki sposób: przez magesy trwałe lub przez elektromagnesy.

Ograniczenia stosowania chwytaków magnetycznych są następujące [8]:

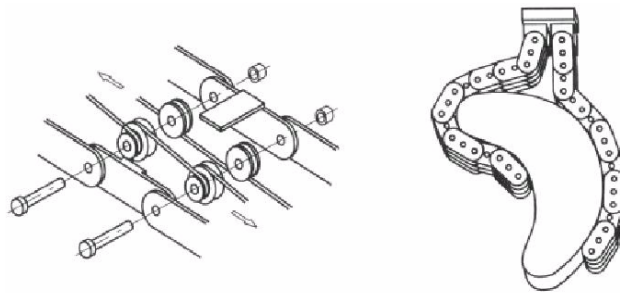
- możliwość chwytania wyłącznie obiektów ferromagnetycznych,
- gwałtowne przemieszczanie się obiektu manipulacji podczas zbliżania się chwytaka (zmiana położenia początkowego obiektu),
- występowanie magnetyzmu szczątkowego powodujące przyciąganie drobin metalowych oraz trudności w uwalnianiu obiektu,
- zmniejszanie się siły chwytu z powodu zabrudzenia powierzchni uchwytu,
- wydzielania się dużej ilości ciepła w uzwojeniach elektromagnesu.

CHWYTAKI KSZTAŁTOWE.

Uchwycenie obiektu manipulacji przez chwytak kształtowy następuje poprzez wytworzenie połączeń pomiędzy elementami chwytaka, a obiektem i pozbawienia obiektu możliwości wykonania ruchu względem elementów chwytających. Najprostszym i typowym przykładem konstrukcji chwytaka kształtowego (rys. 4.33) jest wyposażenie chwytaka mechanicznego w końcówki chwytno o kształcie odpowiadającym kształtowi powierzchni chwytanego obiektu.

Chwytaki kształtowe znajdują zastosowanie przy manipulowaniu :

- 1) obiektami kruchymi, wiotkimi, o powierzchni pokrytej powłokami wykluczającymi wywieranie jakiegokolwiek nacisku,
- 2) obiektami o dużej masie, kiedy niezbędne by było wytworzenie bardzo dużych sił chwytu,
- 3) obiektami o kształcie bardzo złożonym.



Rys. 4.33. Przykład chwytaka kształtowego [5]

Układy sensoryczne stosowane w układach manipulacyjnych i robotach

Maszyna manipulacyjna pracuje w pewnym środowisku (otoczeniu innych urządzeń oraz zdarzeń). Wyróżnić można dwie struktury powiązań maszyny manipulacyjnej ze środowiskiem:

- a) otwarta – środowiskowo niezależna,
- b) zamknięta - środowiskowo zależna.

W przypadku powiązań otwartych środowisko jest odpowiednio przygotowane, zapewnione są niezmiennialne jednakowe dla każdego cyklu warunki pracy.

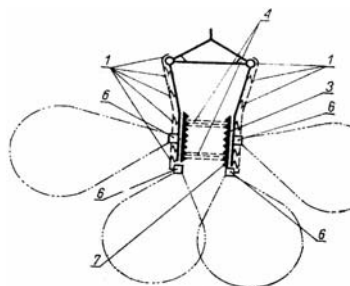
W przypadku powiązań zamkniętych maszyna manipulacyjna poprzez urządzenia i układy sensoryczne rozpoznaje środowisko i wypracowuje sygnały umożliwiające podejmowanie decyzji o realizacji zadań adekwatnie do stanu środowiska.

Urządzenia sensoryczne rozmieszczone mogą być na jednostce kinematycznej robota, chwytaku lub w określonych miejscach stanowiska produkcyjnego oraz maszynach i urządzeniach technologicznych. Układ sensoryczny ma wygenerować informacje, na podstawie których układ sterowania wypracowuje decyzje sterownicze nie tylko dla samej jednostki kinematycznej i efektora, ale również dla wszystkich elementów i urządzeń tworzących stanowisko produkcyjne. Znaczące zastosowanie mają następujące urządzenia i układy sensoryczne:

- 1) taktylne – zastępujące zmysł dotyku (rys. 4.34),
- 2) wizyjne – zastępujące zmysł wzroku.

Typowe zadania układów i urządzeń taktylnych dotyczą:

- 1) pomiarów i sterowania parametrami chwytania lub obróbki,
- 2) rozpoznawania położenia i zorientowania obiektu manipulacji, pomiarów umiejscowienia obiektu manipulacji,
- 3) zabezpieczenia efektorów przed kolizją.



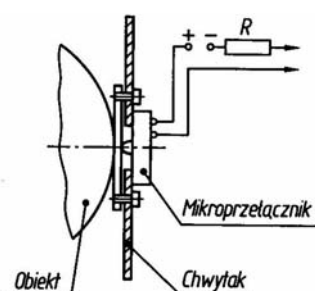
Rys.4.34. Sensoryczne urządzenia taktylne chwytaka maszyny manipulacyjnej [8]

Dla realizacji zadań układów i urządzeń taktylnych najczęściej stosuje się:

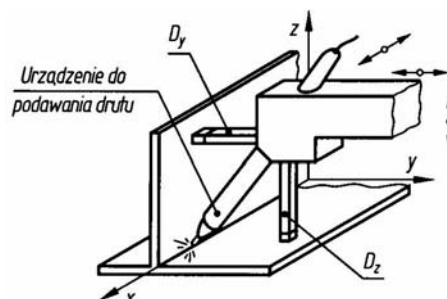
- czujniki stykowe,
- czujniki zbliżeniowe,
- przetworniki siły i naprężeń,
- przetworniki typu „sztuczna skóra”.

CZUJNIKI STYKOWE.

W czujniki stykowe wyposażane są chwytaki robotów dzięki czemu możliwe jest zabezpieczenie chwytaków przed kolizją, wykrywanie obecności obiektów w chwytaku lub w miejscu składowania, wyszukiwanie wolnych miejsc na stanowisku składowania (rys. 4.35).



Rys. 4.35. Sensor mikroprzelącznikowy [5]



Rys. 4.36. Przykład zastosowania czujników indukcyjnych do śledzenia styku spawanych blach [6]

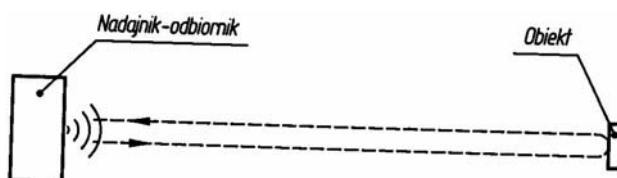
CZUJNIKI ZBLIŻENIOWE.

Czujniki zbliżeniowe służą do wykrywania przeszkód znajdujących się na torze ruchu członów jednostki kinematycznej oraz chwytaka lub na określaniu odległości od tych przeszkód. Najczęściej stosowane są czujniki:

- indukcyjne,
- ultradźwiękowe (rys. 4.37),
- optyczne (rys. 4.38, rys. 4.39, rys. 4.40).

Ze względu na niewielkie gabaryty czujniki zbliżeniowe montowane są najczęściej w chwytaku. Czujniki indukcyjne zbliżeniowe służą do detekcji obiektów metalowych.

Czujniki ultradźwiękowe w zależności od zakresu pomiarowego umożliwiają wykrycie obecności przedmiotu (czujniki zbliżeniowe) lub dokonanie pomiaru odległości (dalmierze).



Rys. 4.37. Zasada pomiaru odległości dalmierzem ultradźwiękowym [5]

Do podstawowych zalet stosowania dalmierzy ultradźwiękowych należą:

niezależność wyniku pomiaru od oświetlenia

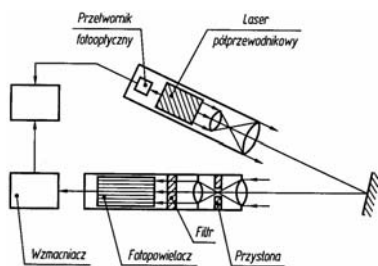
niska cena,

duży zakres pomiarowy (do kilkunastu metrów),

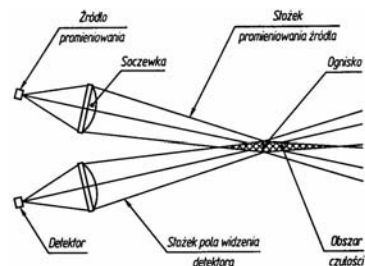
zdolność detekcji obiektów silnie pochłaniających lub odbijających światło.

Spośród czujników optycznych najczęściej stosowane są czujniki laserowe (do pomiaru odległości), fotometryczne oraz światłowodowe.

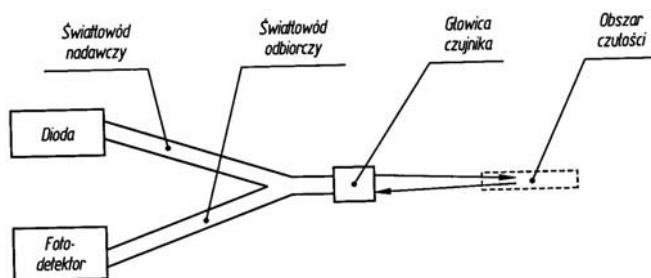
W czujnikach fotometrycznych źródło promieniowania i detektor sprzężone są optycznie. Promienie ze źródła promieniowania, którym jest najczęściej dioda elektroluminescencyjna, po odbiciu od powierzchni obiektu trafiają do fotodetektora. W układzie istnieje wspólny obszar źródła promieniowania i detektora zwany obszarem czułości. Obiekt znajdujący się w tym obszarze jest rozpoznawany przez czujnik.



Rys. 4.38. Zasada działania sensora laserowego [5]



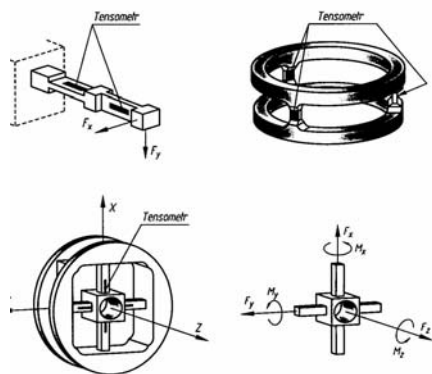
Rys. 4.39. Zasada działania sensora fotometrycznego [5]



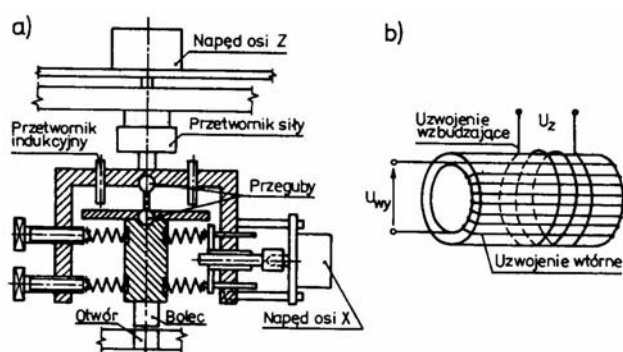
Rys. 4. 40. Zasada działania czujnika światłowodowego [5]

PRZETWORNIKI SIŁY I NAPRĘŻEŃ.

Do generowania informacji o wartości siły oddziaływania chwytaka na obiekt oraz o wartości naprężeń powstających w określonych miejscach jednostki kinematycznej i chwytaka stosuje się przede wszystkim czujniki tensometryczno-rezystancyjne (rys. 4.41) i magnetoelektryczne (rys. 4.42).

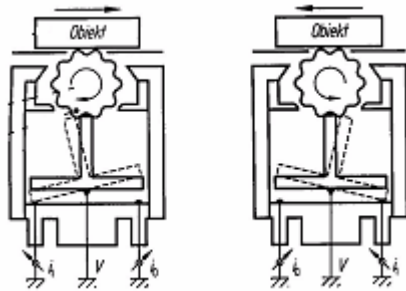


Rys. 4.41. Schematy budowy czujników sił i momentów [5]

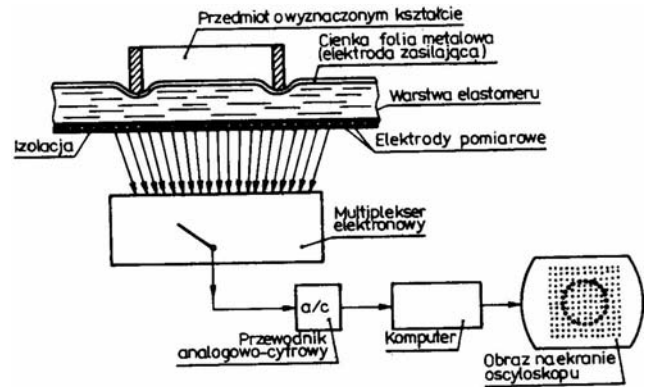


Rys. 4. 42. Chwytnik z magnetoelektrycznym przetwornikiem siły pionowej [4]

Duże znaczenie dla pewności chwycenia obiektu manipulacji przez chwytak ma odpowiednia wartość siły chwytu. Czujnikami pomocnymi w ustaleniu właściwej wartości siły chwytu są czujniki poślizgu. Właściwie chwycony obiekt nie może przemieszczać się względem chwytaka, a do kontroli, czy to przemieszczenie występuje, służą czujniki poślizgu.



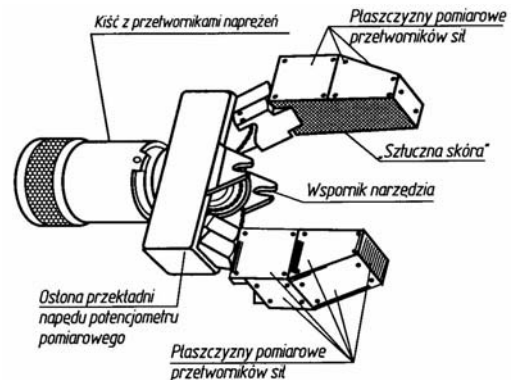
Rys. 4.43. Zasada działania czujnika poślizgu [5]



Rys. 4.44. Budowa elastomerycznej „sztucznej skóry” [4]

PRZETWORNIK DOTYKOWY TYPU „SZTUCZNA SKÓRA”.

Najczęściej stosowane są „sztuczne skóry” wykonane z wykorzystaniem przewodzących prąd elastomerów (rys. 4.44). Efekt elastomeryczno - rezystancyjny polega na zmianie rezystancji przejścia między dwiema elektrodami przyłożonymi do elastomeru w zależności od zewnętrznej siły nacisku na elektrody. Zwiększenie siły nacisku powoduje zmniejszenie rezystancji przejścia i zwiększenie prądu płynącego przez elektrody. Poszczególne elektrody są próbkowane z dużą częstotliwością przez multiplexer elektroniczny wprowadzający zakodowane binarne wartości ich napięcia do pamięci komputera.



Rys. 4.45. Widok chwytaka z palcami mającymi „sztuczną skórę” i przetworniki siły [4]

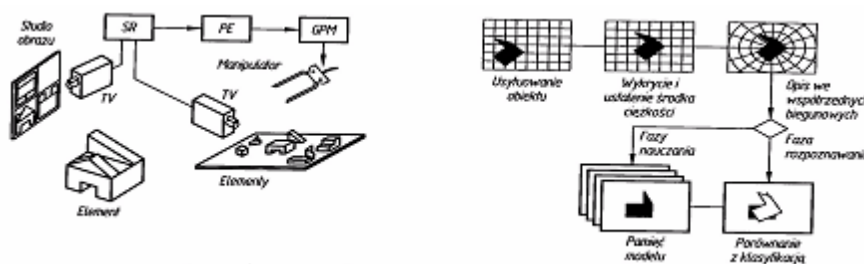
Przykład konstrukcji chwytaka wykorzystującego „sztuczną skórę” przedstawiono na rys. 4.45

UKŁADY WIZYJNE.

Dzięki układom wizyjnym stosowanym w budowie robotów przemysłowych można:

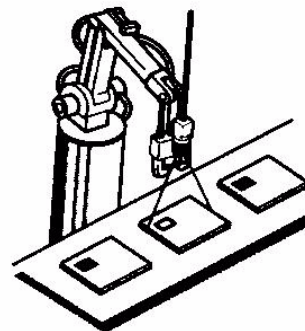
- wykryć obecność obiektu o określonym kształcie,
- określić orientację obiektu w otoczeniu,
- klasyfikować obiekty (np. określić, że jest to wałek, podkładka, itp).

Zadaniem układu przedstawionego na rysunku 4.46 jest montaż elementów zgodnie z pokazanym rysunkiem obiektu (studio obrazu).



Rys. 4.46. Sposób działania układu wizyjnego maszyny manipulacyjnej [5]

Robot jest wyposażony w dwie kamery, z których jedna rejestruje obiekt, a druga obserwuje wyłożone do montażu obiekty. Sygnały z kamer są przesyłane do układu rozpoznawania SR, a stamtąd przez program przetwarzający PE do bloku GMP, gdzie jest generowany program dla manipulatora. Obraz widziany przez kamerę jest przesyłany do komputera, gdzie określone są kontury i następuje umieszczenie obrazu obiektu w układzie współrzędnych biegunowych (tak, aby środek ciężkości pokrył się ze środkiem układu współrzędnych). Następnie ustalane są współrzędne charakterystycznych punktów obiektu i przekazanie modelu obiektu do pamięci. Tu następuje porównanie przekazanego modelu z modelami przechowywanymi w pamięci.



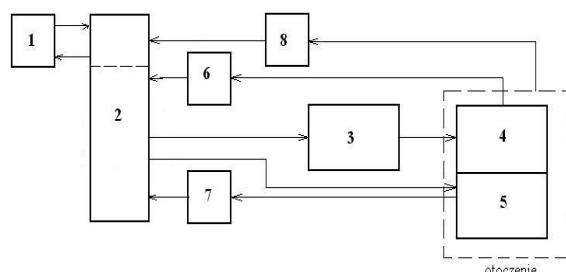
Rys. 4.47. Światłowodowy czujnik wizyjny umieszczony w szczęcie mechanizmu chwytu robota [6]

Sterowanie w układach manipulacyjnych i robotach

Układy sterowania mają za zadanie:

- a) generowanie sygnałów sterujących napędami jednostek ruchu w oparciu o określony program,
- b) realizację programu ruchów,
- c) reagowanie na zdarzenia zachodzące w otoczeniu robota oraz umożliwienie sterowania ręcznego.

Pod pojęciem struktura funkcjonalna układu sterowania robota należy rozumieć zbiór algorytmów sterowania realizowanych przez układ sterowania wraz z powiązaniem pomiędzy algorytmami (rys. 4.48).

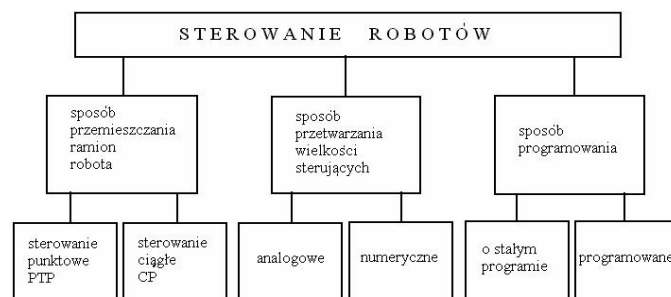


Rys. 4.48. Struktura układu sterowania robota [11]

Obiektem sterowania jest manipulator 4 wraz z napędami 3 oraz maszyny technologiczne 5. Blok sterujący 2 na podstawie sygnałów o stanie manipulatora (czujniki 6), o stanie maszyn technologicznych (czujniki 7), stanie otoczenia robota (czujniki 8) i poleceń operatora 1 generuje sygnały sterujące napędami manipulatora.

Istotną cechą układów sterowania robotów jest hierarchiczność ich struktury funkcjonalnej. Struktura hierarchiczna wiąże się z wyodrębnieniem określonych warstw (poziomów) sterowania i polega na generowaniu przez warstwę wyższą parametrów niezbędnych do realizowania założonych algorytmów przez warstwę niższą. W układach sterowania współczesnych robotów wyróżnić można co najmniej dwie warstwy: warstwę sterowania napędów (warstwa niższa) i warstwę koordynowania napędów (warstwa wyższa). Roboty wyższych generacji mogą mieć jeszcze wyższe warstwy, np: warstwa wyznaczania trajektorii ruchu, warstwa adaptacji, optymalizacji, strategii działania itp. Pomiędzy warstwami zachodzi wymiana informacji i przesyłanie rozkazów. Informacje uzyskiwane z zewnątrz na określonym poziomie są wykorzystywane i po odpowiedniej selekcji i przetworzeniu przesyłane do warstw wyższych. Od

warstw wyższych przesyłane są do warstw niższych rozkazy powodujące zmianę ich algorytmów oraz parametrów [11].



Rys. 4.49. Klasyfikacja sterowań robotów.

W sterowaniu punktowym (PTP) następuje przemieszczenie obiektu manipulacji z jednego położenia do następnego bez kontroli przebiegu zmian położenia pośrednich, istotny jest punkt początkowy oraz punkt końcowy. Sterowanie tego typu stosowane jest w przypadku wykonywania przez robot prostych czynności, np. zgrzewanie punktowe.

Sterowanie ciągłe (CP) polega na przemieszczeniu obiektu manipulacji z jednego położenia w drugie po określonym torze z określoną prędkością. W sterowaniu według ścieżki ciągłej użytkownik narzuca robotowi ścieżkę ruchu z zaprogramowaną prędkością między pozycjami zadanymi. W sterowaniu adaptacyjnym parametry procedury sterowania są nastawiane sygnałami reprezentującymi stany wykryte podczas procesu. Klasyfikację sterowań robotów przedstawiono na rys. 4.49.

Klasyfikacja układów manipulacyjnych i robotów

Robotyka jest nauką interdyscyplinarną, nie w pełni sformalizowaną i stąd wynikają trudności w jej jednoznacznym definiowaniu. Spotykane są różne podejścia do klasyfikacji maszyn manipulacyjnych. Poniżej zaprezentowano jedną z możliwych klasyfikacji (rys. 4.50) będącą kompilacją poglądów różnych autorów. [4], [6], [8].

Maszyny manipulacyjne uniwersalne są przeznaczone do wykonywania różnego rodzaju operacji technologicznych i czynności manipulacyjnych, współpracują z różnymi rodzajami wyposażenia.

Maszyny manipulacyjne specjalizowane są przeznaczone do wykonywania operacji technologicznych lub czynności manipulacyjnych jednego rodzaju, współpracuje z jednym rodzajem wyposażenia.

Maszyny manipulacyjne specjalne są przeznaczone do wykonywania operacji technologicznych lub czynności manipulacyjnych przy wykorzystaniu jednej odmiany wyposażenia.

Maszyna manipulacyjna sekwencyjna jest wyposażona w sekwencyjny układ sterowania (wykonujący kolejno zaprogramowane ruchy i czynności).

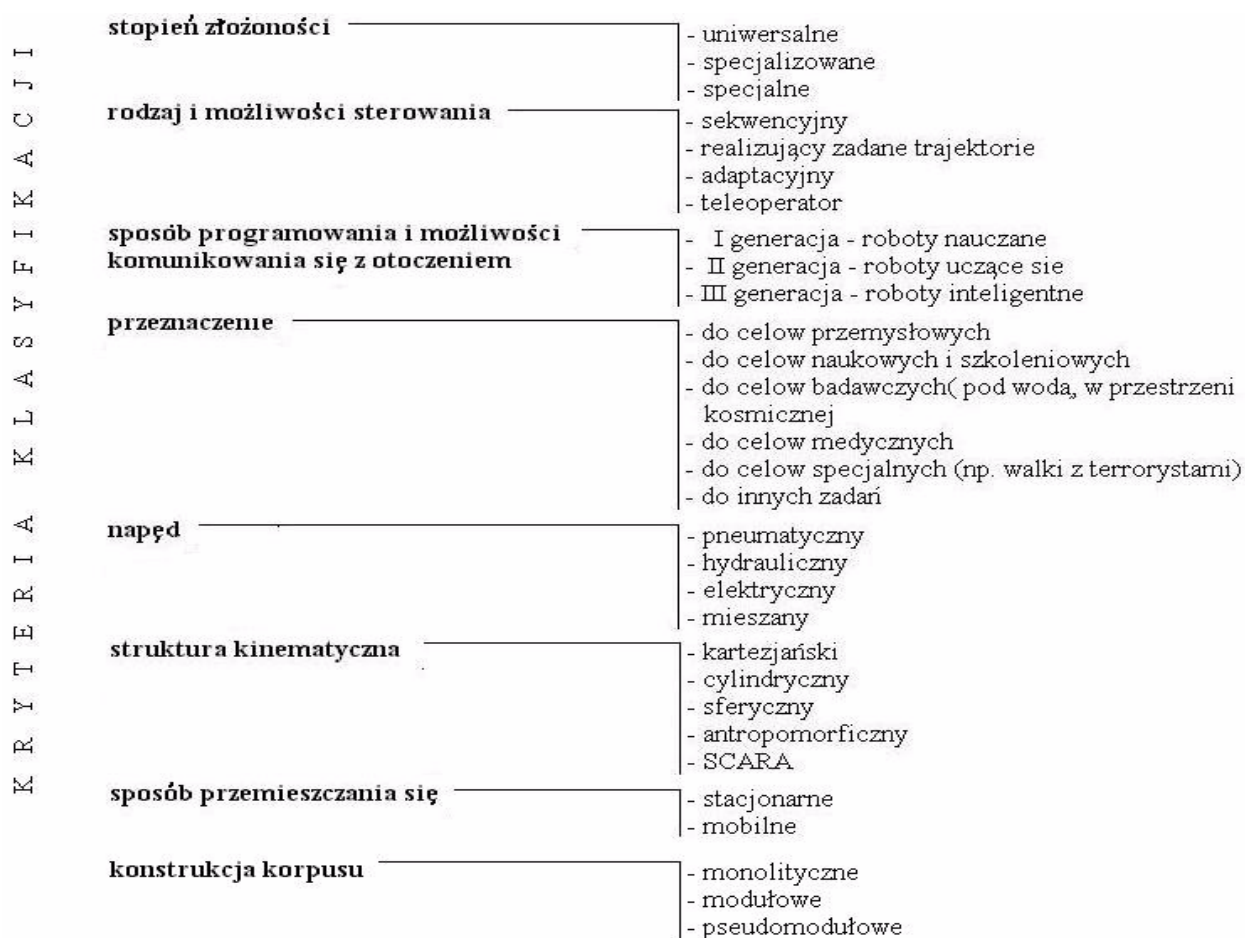
Maszyna manipulacyjna realizująca zadane trajektorie realizuje ustaloną procedurę sterowanych ruchów według instrukcji programowych specyfikujących żądane pozycje oraz żadaną prędkość ruchu.

Maszyna manipulacyjna adaptacyjna jest wyposażona w sensoryczny, adaptacyjny lub uczący się układ sterowania. Ma możliwość zmiany swoich własności dzięki wykorzystaniu informacji sensorycznych lub nagromadzonych doświadczeń, planowaniu zadań lub przez nauczanie i trening.

Teleoperator jest maszyną manipulacyjną ze sterowaniem zdalnym realizowanym przez operatora lub komputer. Przenosi na odległość funkcje motoryczne i sensoryczne operatora. Nie ma połączeń mechanicznych z operatorem.

Maszyny manipulacyjne (roboty) I generacji wyposażone są w pamięć, do której można wprowadzić rozkazy (program pracy) – wprowadzony program maszyna realizuje samodzielnie. Maszyny manipulacyjne I generacji nie są wyposażone w układy pozwalające zbierać informacje o środowisku zewnętrznym. Roboty współczesne należą do I generacji.

Maszyny manipulacyjne (roboty) II generacji mają możliwość kontaktowania się z otoczeniem w celu optymalnego działania. Są zdolne rozpoznać obiekt spośród innych bez względu na jego położenie i kształt, dopuszczalna jest zmiana położenia robota względem poszukiwanego przedmiotu.



Rys. 4.50. Klasyfikacja maszyn manipulacyjnych.

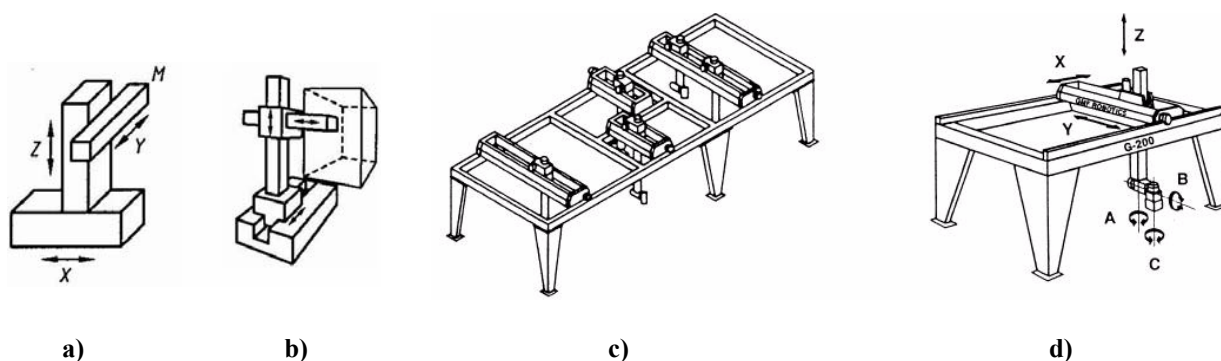
Maszyny manipulacyjne (roboty) III generacji posiadać będą pewien „poziom intelektualny” umożliwiający im aktualizowanie programu działania w zmieniających się warunkach. Wyposażone będą w układy sensoryczne wzroku, słuchu, czucia pozwalające im rozpoznawanie obiektów w przestrzeni zapamiętanej przez robot. Estymatory wraz z sensorami umożliwić będą określanie wartości nieznanymi parametrów celu samodzielnej realizacji zadania robota.

Maszyny manipulacyjne kartezjańskie (rys. 4.51), (niektóre ich modele zwane są bramowymi) mają przestrzeń roboczą w kształcie prostopadłościanu nieraz o bardzo dużych wymiarach. Typowym zastosowaniem robotów kartezjańskich jest :

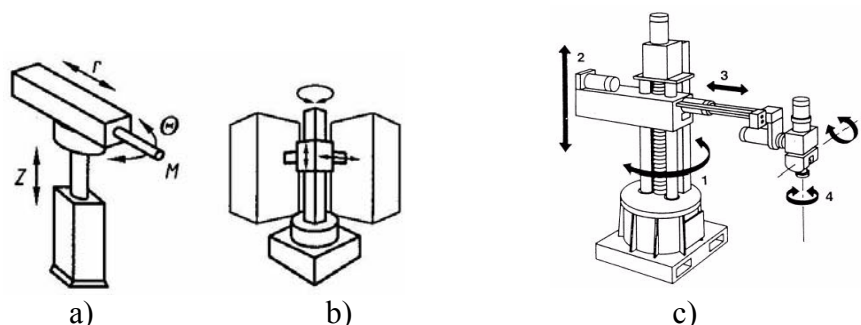
- przemieszczanie materiałów pomiędzy maszynami na duże odległości,
- przemieszczanie (oraz wyszukiwanie) obiektów w zautomatyzowanych magazynach.

Przestrzeń robocza robotów cylindrycznych (rys. 4.52) ma kształt cylindra wydrążonego, może posiadać dużą objętość. Mniejsze roboty cylindryczne stosowane są do szybkiego precyzyjnego montażu, natomiast duże roboty wykorzystywane do przenoszenia, podawania i odbierania obiektów, załadunku i rozładunku maszyn technologicznych.

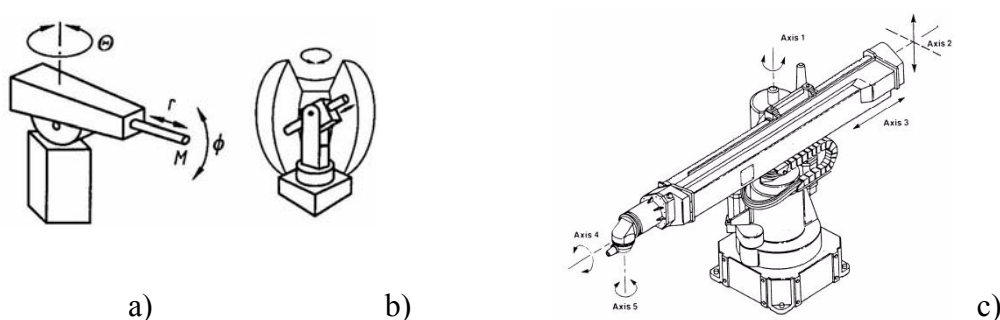
Maszyny manipulacyjne sferyczne (rys. 4.53) charakteryzują się dużą przestrzenią roboczą przy stosunkowo niewielkiej jednostce mechanicznej. Ruchy robota nie są płynne, co jest powodem obniżenia ich szybkości i dokładności.



Rys. 4.51. Roboty kartezjańskie: a) schemat struktury kinematycznej, b) kształt przestrzeni roboczej, c) przykład umieszczenia kilku robotów kartezjańskich na jednej bramie, d) przykład konstrukcji robota kartezjańskiego [3], [6]

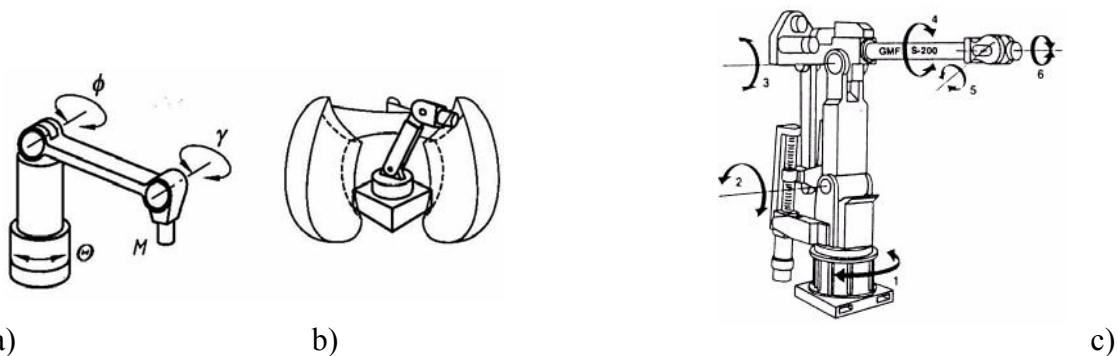


Rys. 4.52. Roboty cylindryczne: a) schemat struktury kinematycznej, b) kształt przestrzeni roboczej, c) przykład konstrukcji robota cylindrycznego [3], [6]



Rys. 4.53. Roboty sferyczne: a) schemat struktury kinematycznej, b) kształt przestrzeni roboczej, c) przykład konstrukcji robota sferycznego [3], [6]

Maszyny manipulacyjne antropomorficzne (rys. 4.54) charakteryzują się dużą przestrzenią roboczą w porównaniu z wielkością ich jednostki mechanicznej, bardzo dobrą gibkością końcówki umożliwiającej jej orientację prawie w każdym położeniu. Powtarzalność i dokładność pozycjonowania są dobre, lecz nie nadające się do montażu precyzyjnego. Typowymi zastosowaniami robotów antropomorficznych są: spawanie, malowanie, gratowanie, podawanie, przemieszczanie i odbieranie materiału.

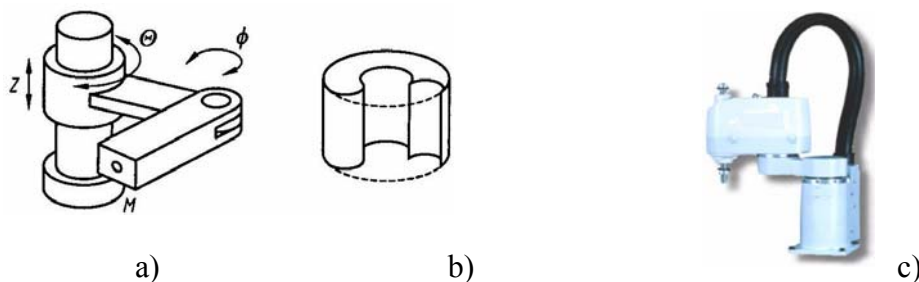


Rys. 4.54. Roboty antropomorficzne: a) schemat struktury kinematycznej, b) kształt przestrzeni roboczej, c) przykład konstrukcji robota antropomorficznego [3], [6]

Roboty SCARA (Selective Compliance Assembly Arm) mają największą szybkość i powtarzalność ze wszystkich konfiguracji robotów. Roboty stosowane są do precyzyjnego, bardzo szybkiego, lekkiego montażu. Typowymi zastosowaniami są: wkładanie elementów w płytki obwodów drukowanych, montaż małych urządzeń elektromechanicznych czy montowanie napędów dysków w komputerach.

Roboty monolityczne mają układy ruchu o niezmienniej konstrukcji (o stałej strukturze kinematycznej). Robot monolityczny można uzupełnić chwytakiem bądź narzędziami.

Roboty modułowe składają się z oddzielnych zespołów ruchu, tzw. modułów. Moduły te zestawiane są zgodnie z zapotrzebowaniem odbiorcy.



Rys. 4.55. Roboty SCARA: a) schemat struktury kinematycznej, b) kształt przestrzeni roboczej, c) przykład konstrukcji robota SCARA [6]

Roboty pseudomodułowe charakteryzują się w pewnej części stałą strukturą kinematyczną, ale dopuszczalna jest zmiana zgodnie z zapotrzebowaniem odbiorcy niektórych zespołów ruchu – z reguły ostatnich w łańcuchu kinematycznym zespołów ruchu regionalnego.

Roboty stacjonarne mocowane są bezpośrednio do podłoża lub do płyt wspornikowych.

Roboty mobilne są wyposażone w mechanizmy przemieszczania całego robota względem podłoża. Mogą to być roboty suwnicowe, bramowe lub samodzielnie wykonujące ruch autonomiczny dzięki procesom adaptacyjnym i uczenia się.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polegają czynności manipulacyjne wykonywane na obiektach podczas realizacji procesów produkcyjnych?
2. Jakie są cechy odróżniające roboty przemysłowe od innych maszyn manipulacyjnych?
3. Wyprecyzyfikuj podstawowe układy funkcjonalne robota.
4. Jakie są zadania poszczególnych układów funkcjonalnych robota?
5. Jakie są rodzaje energii zasilania robota?
6. Jakie są podobieństwa w budowie człowieka i współczesnych robotów?
7. Omów rolę kiści robota.
8. Scharakteryzuj pary kinematyczne wykorzystywane w budowie współczesnych robotów.

9. Jakie parametry umożliwiają scharakteryzowanie układów kinematycznych robotów?
10. Podaj nazwy i określ położenie układów współrzędnych stosowanych do charakteryzowania możliwości manipulacyjnych członów robota.
11. Objasnij strukturę kinematyczną robotów:
 - a) kartezjańskich,
 - b) cylindrycznych,
 - c) sferycznych,
 - d) antropomorficznych,
 - e) SCARA.
12. Opisz strukturę zespołu ruchu robota.
13. Jakie rodzaje energii wykorzystywane są do napędu zespołów ruchu robotów?
14. Opisz cechy napędów maszyn manipulacyjnych i robotów odróżniające je od napędów innych maszyn technologicznych.
15. Objasnij powody coraz szerszego stosowania w robotach napędów elektrycznych.
16. Jaki jest cel stosowania przekładni ruchu w zespołach ruchu robotów?
17. Do czego wykorzystywane są sygnały generowane przez układy pomiarowe stosowane w zespołach ruchu robotów?
18. Wyjaśnij warunki poprawnego chwycenia obiektu przez chwytak robota.
19. Scharakteryzuj rodzaje chwytaków stosowanych w robotach.
20. Jaki jest cel stosowania układów sensorycznych w robotach?
21. Wyjaśnij przeznaczenie układów taktylnych.
22. Wyjaśnij sposób działania przetwornika poślizgu.
23. Omów zadania układów sterowania robotów.
24. Na czym polega hierarchiczność struktury układów sterowania współczesnych robotów?
25. Jakie są cele sterowania robotów?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Sformułuj argumenty uzasadniające tezę: „Stosowanie układów manipulacyjnych i robotów w realizacji procesów produkcyjnych daje wiele korzyści”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3- 4 – osobowej,
- 4) w sprawozdaniu z ćwiczenia zapisać rezultaty dyskusji.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

W oparciu o kartę katalogową robota (model robota lub robot rzeczywisty) scharakteryzuj jego strukturę funkcjonalną:

- zidentyfikuj i opisz układy funkcjonalne robota,
- określ rodzaj energii zasilania,
- rozpoznaj ile ramion posiada jednostka kinematyczna robota.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) przeanalizować kartę katalogową robota (zapoznać się z konstrukcją modelu robota lub robota rzeczywistego),
- 4) w sprawozdaniu z ćwiczenia zapisać odpowiedzi na polecenia zawarte w treści ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- karta katalogowa robota (lub model robota lub robot rzeczywisty).

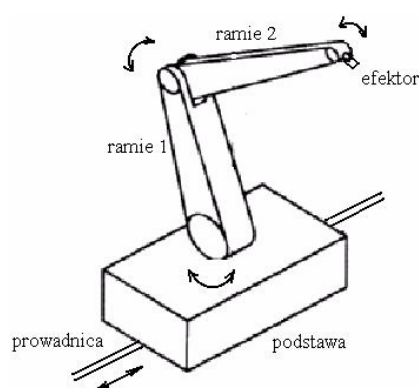
Ćwiczenie 3

Robot o strukturze kinematycznej przedstawionej na rysunku obok ma możliwość wykonywania następujących ruchów:

- a) przesunięcie względem podłoża wzdłuż prowadnicy,
- b) obrót ramienia 1 względem podstawy,
- c) obrót ramienia 2 względem ramienia 1,
- d) obrót efektora względem ramienia 2.

Polecenia:

- 1) zaznacz położenie układów odniesienia zespołów ruchu robota (globalnego, regionalnego, lokalnego),
- 2) zapisz strukturę kinematyczną robota, nazwij tę strukturę
- 3) określ liczbę i klasę par kinematycznych robota



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) przeanalizować ruchy wykonywane przez robot,
- 4) wykonać wszystkie polecenia zawarte w treści zadania,
- 5) zadanie wykonać w grupie 2–3-osobowej,
- 6) w sprawozdaniu z ćwiczenia udzielić pisemnych odpowiedzi na polecenia zawarte w treści ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia

Ćwiczenie 4

Zaproponuj koncepcję rozwiązania zespołu napędowego ruchu regionalnego drugiego ramienia robota o strukturze kinematycznej kartezjańskiej.

Polecenia:

- dobierz:
 - a) rodzaj elementu napędzającego,
 - b) przekładnię ruchu (jeżeli jest potrzebna),
 - c) sposób pomiaru parametrów ruchu zespołu ruchu.
- rozpoznaj, ile ramion posiada jednostka kinematyczna robota.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) zadanie wykonać w grupie 2–3-osobowej,
- 4) udzielić pisemnych odpowiedzi na polecenia zawarte w treści ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 5

Określ rodzaj i parametry chwytaka umożliwiającego przemieszczanie przez robot taflí szklanych o ciężarze 50 N (wymiary geometryczne taflí pomiń).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) w sprawozdaniu z wykonania ćwiczenia zamieścić niezbędne obliczenia,
- 4) z katalogu dobrać chwytak.

Wyposażenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- katalog chwytaków podciśnieniowych.

Ćwiczenie 6.

Robot przemieszcza przedmioty o podobnym kształcie, lecz różnych ciężarach. Zaproponuj koncepcję budowy układu sensorycznego robota gwarantującego pewne chwycenie poszczególnych przedmiotów oraz przemieszczanie ich zakładając, że przedmioty o mniejszym ciężarze wymagają mniejszej siły chwytu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) zadanie wykonać w grupie 2–3-osobowej,
- 4) w sprawozdaniu z ćwiczenia zamieścić opis układu sensorycznego, w jaki powinien być wyposażony chwytak robota.

Wyposażenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 7.

W oparciu o dokumentację techniczno-ruchową robota dokonaj klasyfikacji sterowania robota.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) zadanie wykonać pracując w grupie 2–3-osobowej,
- 4) przeanalizować dokumentację techniczno-ruchową,
- 5) określić sposób przemieszczania ramion, przetwarzania wielkości sterujących, programowania,
- 6) w sprawozdaniu z ćwiczenia udzielić pisemnych odpowiedzi na polecenia zawarte w treści ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- dokumentacja techniczno-ruchowa robota.

Ćwiczenie 8

W oparciu o dokumentację techniczno-ruchową robota zakwalifikuj go do odpowiedniej grupy zgodnie z klasyfikacją zamieszczoną na rys. 4.50.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) zadanie wykonać w grupie 2–3-osobowej,
- 4) przeanalizować dokumentację techniczno-ruchową,
- 5) w sprawozdaniu z ćwiczenia w formie pisemnej określić właściwości robota wiążące się z poszczególnymi kryteriami klasyfikacji robotów.

Wyposażenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- dokumentacja techniczno-ruchowa robota.

4.1.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wskazać cele stosowania robotów przemysłowych?	☐	☐
2) omówić strukturę funkcjonalną maszyn manipulacyjnych i robotów?	☐	☐
3) rozróżnić struktury jednostek kinematycznych robotów?	☐	☐
4) scharakteryzować strukturę i przeznaczenie układów ruchu robotów?	☐	☐
5) opisać budowę i zadania urządzeń chwytających?	☐	☐
6) scharakteryzować strukturę układów sensorycznych robotów?	☐	☐
7) objaśnić cele sterowania robotów?	☐	☐
8) dokonać klasyfikacji maszyn manipulacyjnych i robotów?	☐	☐

4.2. Programowanie maszyn manipulacyjnych i robotów

4.2.1. Materiał nauczania

Metody, języki i zasady programowania układów manipulacyjnych i robotów

METODY PROGRAMOWANIA.

Efektywne wykorzystanie właściwości jednostki kinematycznej robota oraz algorytmów sterowania, w dużej mierze zależą od sprzęgnięcia użytkownika z robotem, polegającego na możliwości przekazywania robotowi woli użytkownika. Sprzęgnięcie to materializuje się w procesie programowania robota. Programowanie polega na planowaniu czynności i parametrów, jakie kolejno powinien zrealizować robot w procesie manipulacji, wprowadzeniu ich do pamięci układu sterującego, testowaniu oraz uruchamianiu. Programowanie robota przemysłowego jest zadaniem złożonym, gdyż poza programowaniem samej trajektorii ruchu konieczne jest jeszcze uwzględnienie położenia (orientacji) efektora końcowego (chwytaka, narzędzia).

Stosowane są poniżej przedstawione metody programowania:

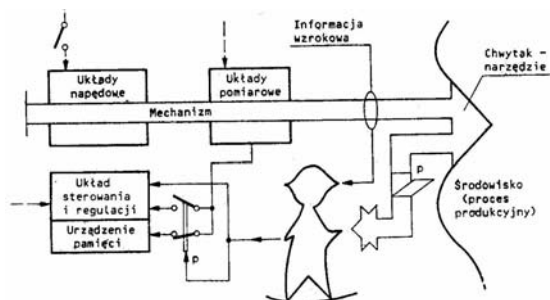
- ręczne wprowadzanie danych,
- metoda uczenia,
- metoda autonomiczna,
- metoda ukierunkowania celowego.

W programowaniu przez ręczne wprowadzanie danych generowanie programu i zapis wprost do układu sterowania robota odbywa się za pomocą przełączników, tablicy programowej lub klawiatury.

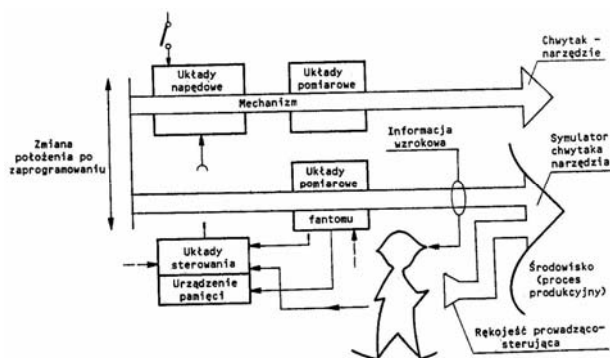
Metoda programowania uczeni (Teach-in) może być realizowana przez:

A. Ręczne prowadzenie elementu roboczego i zapamiętanie położenia.

W przypadku procesów, które nie wymagają dużej dokładności odwzorowywania trajektorii oraz zachowania parametrów ruchu (np. malowanie natryskowe, zgrzewanie) racjonalne i wystarczające jest ręczne przemieszczanie przez operatora efektora robota wzdłuż planowanego toru ruchu (tzw. obwiedzenie toru ruchu, rys. 4.56). Układ sterowania zapamiętuje współrzędne położenia efektora w określonych momentach czasowych (np. co 20-30 ms). Zapamiętane w czasie obwodzenia współrzędne są wartościami za danymi układów regulacji położenia robota w trakcie realizacji (odtwarzania) zaprogramowanego toru ruchu.



Rys. 4.56. Zasada programowania metodą obwiedzenia toru.[8]

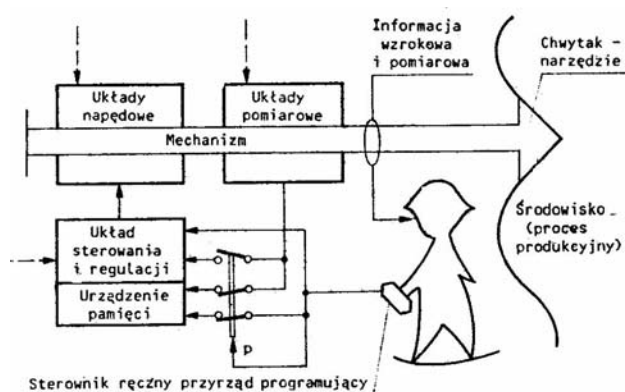


Rys.4.57. Zasada programowania z użyciem fantomu [8]

B. Ręczne prowadzenie mechanizmu symulującego i zapamiętanie położenia.

Metoda polega na obwiedzeniu toru ruchu, ale przemieszczanie efektora dokonywane jest za pomocą tzw. fantomu, czyli urządzenia sprzęgniętego z robotem (rys. 4.57). Fantom posiada strukturę kinematyczną identyczną ze strukturą robota i identyczne układy pomiarowe, ale nie posiada serwonapędów. Ruchy fantomu wiernie przenoszą się na robota.

- C. Wykorzystanie panelu programowania (programatora ręcznego) (rys. 4.58). Poprzez panel programowania (programator ręczny) operator steruje serwonapędami robota doprowadzając effektor do kolejnych żądanych położeń (oraz zorientowanie efektora). Po osiągnięciu tych położeń i orientacji efektora współrzędne wpisywane są w pamięci układu sterowania robota.



Rys. 4.58. Zasada programowania za pomocą panelu programowania. [8]

W metodzie programowania *a u t o n o m i c z n e g o* (off-line) program użytkowy w postaci zestawienia kolejnych operacji napisanych przy użyciu języka programowania opracowywany jest w urządzeniu oddzielnym od robota i później jest wprowadzany do robota. Programowanie odbywa się na stanowisku CAD z symulacją stanowiska zrobotyzowanego oraz poruszającego się robota. Wszystkie polecenia oraz parametry istotne do realizacji trajektorii ruchu są na tym wirtualnym stanowisku i następnie tworzony jest rzeczywisty program sterowania robota. Programowanie autonomiczne jest korzystne, gdyż:

- możliwe jest programowanie robota bez jego fizycznego udziału,
- umożliwia sprawdzenie programu poprzez symulację jego działania bez użycia rzeczywistego stanowiska.

Programowanie *u k i e r u n k o w a n e c e l o w o* stosowane jest w przypadkach, w których zadanie wykonywane jest zdefiniowane, ale ścieżka elementu roboczego nie jest określona.

Np. jeżeli robot ma wykonać czynność pobrania przedmiotu z podajnika i położenia go na palecie, to polecenia programowe mogą mieć postać:

10 POBIERZ PRZEDMIOT X Z PODAJNIKA

20 POŁÓŻ PRZEDMIOT X NA PALECIE.

W strukturze układu sterowania robota występują algorytmy pozwalające na wykonanie wszystkich czynności umożliwiających zrealizowanie tych zadań, np. zlokalizowanie podajnika, rozpoznanie przedmiotu, określenie orientacji przedmiotu, chwycenie przedmiotu, przemieszczenie przedmiotu itd.

Do programowania współczesnych robotów mają zastosowanie:

- 1) programowanie uczeniem (teach-in),
- 2) programowanie autonomiczne,
- 3) programowanie ukierunkowane celowo.

JĘZYKI PROGRAMOWANIA ROBOTÓW.

Producenci robotów stosują różne języki programowania. Wyróżnić można dwa podstawowe typy języków programowania robotów:

- języki bezpośredniego programowania robotów,

– języki programowania na poziomie zadania.

Języki bezpośredniego programowania robotów umożliwiają użytkownikowi formułowanie poleceń w oparciu o języki programowania komputerowego lub specjalnie opracowane biblioteki podprogramów. Polecenia dotyczą konkretnych, elementarnych czynności, jakie ma wykonać robot w trakcie realizacji zaplanowanej trajektorii.

Np. przenieść chwytak do punktu o współrzędnych: $x=234$, $y=123$ i $z=212$. Wszystkie działania muszą być precyzyjnie podane i określone.

Języki programowania na poziomie zadania pozwalają użytkownikowi na wskazanie wprost pożądanego celu zadania, które robot ma wykonać, bez wskazywania wszystkich działań elementarnych koniecznych do zrealizowania w trakcie wykonywania cyklu pracy przez robot. Użytkownik ma możliwość włączenia instrukcji opracowanych na wyższym poziomie niż w języku bezpośredniego programowania robota. System programowania robota na poziomie zadania powinien mieć możliwość automatycznego wykonywania wielu przewidywanych zadań. Np. po wprowadzeniu instrukcji „chwycić sworzeń” system powinien samodzielnie zaplanować trajektorię manipulatora robota zapewniającą uniknięcie kolizji, właściwe chwycenie sworznia.

Każdy język programowania robotów powinien być wyposażony w środki umożliwiające opisywanie różnych działań:

- 1) modelowanie otoczenia – możliwość określania pozycji, orientacji przestrzennej, sposobu powiązań pomiędzy określonymi obiektami itp.,
- 2) specyfikacja ruchu – instrukcje ruchu powinny umożliwiać zadawanie współrzędnych punktu docelowego, punktów pośrednich, kształtu trajektorii ruchu, prędkości i czasu trwania ruchu.

ZASADA PROGRAMOWANIA MASZYN MANIPULACYJNYCH I ROBOTÓW.

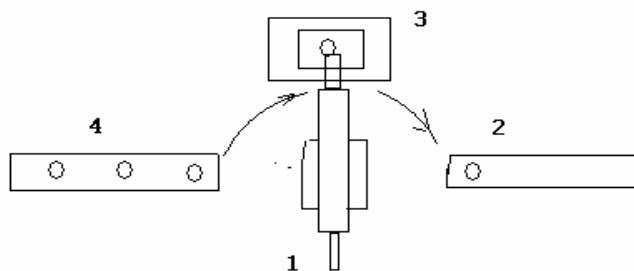
Możliwości techniczne zrobotyzowanego stanowiska produkcyjnego mogą być optymalnie wykorzystane tylko w przypadku właściwego zaprogramowania. Niezbędne jest poznanie i przeanalizowanie procesu realizowanego na danym stanowisku. Wynikiem analizy powinno być:

- I. określenie cyklu manipulacyjnego na stanowisku zrobotyzowanym,
- II. ustalenie elementarnych czynności manipulacyjnych robota oraz urządzeń współpracujących z robotem,
- III. ustalenie zależności pomiędzy robotem, a współpracującymi urządzeniami technologicznymi,
- IV. synchronizacja cyklu manipulacyjnego w czasie.

Zamieszczone powyżej działania, związane z procedurą analizy procesu są jedynie uproszczeniem skomplikowanego procesu dotyczącego robotyzacji stanowisk produkcyjnych, wystarczą jednak do zrozumienia zasad programowania robotów. Opisaną powyżej procedurę ilustruje następujący przykład:

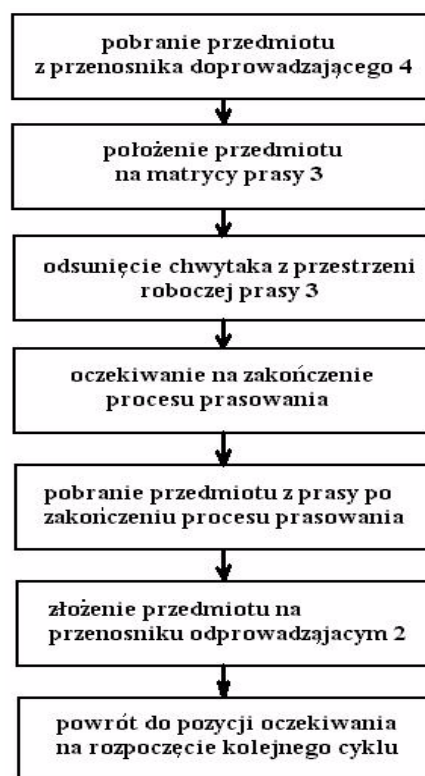
PRZYKŁAD 1.

Robot 1 obsługuje prasę 3. Z przenośnika doprowadzającego 4 przedmioty dostarczane są na matrycę prasy 3, po zakończeniu procesu prasowania przedmiot odkładany jest na przenośnik odprowadzający 2 (rys. 4.59).



Rys. 4.59. Schemat stanowiska zrobotyzowanego do prasowania detali w prasie

I. Cykl manipulacyjny robota można przedstawić następująco (rys. 4.60 i rys. 4.61):

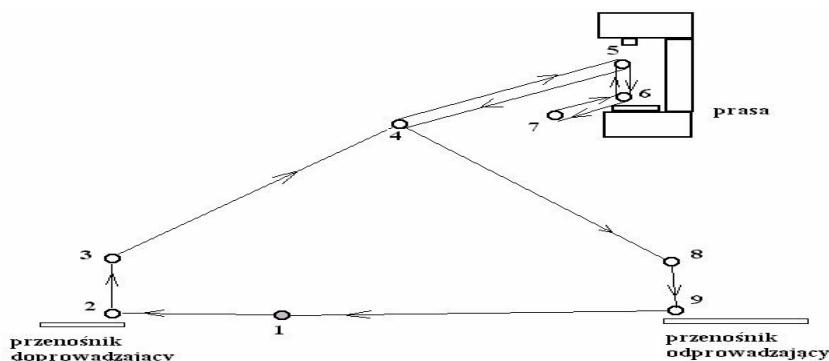


Rys. 4.60. Cykl manipulacyjny robota

II. Opis elementarnych czynności manipulacyjnych jest następujący:

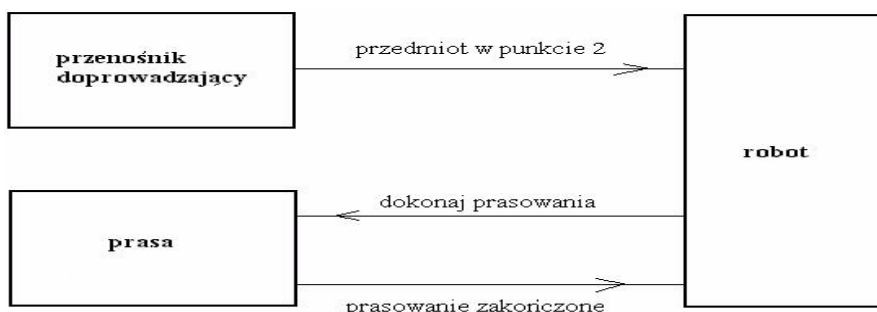
- 1) chwytak robota znajduje się w położeniu wyjściowym 1 i oczekuje na sygnał o obecności przedmiotu na przenośniku doprowadzającym 4,
- 2) po otrzymaniu sygnału o obecności przedmiotu na przenośniku doprowadzającym 4 chwytak przemieszcza się do punktu 2 i chwytka przedmiot,
- 3) chwytak wraz z przedmiotem unosi się do punktu 3,
- 4) chwytak przemieszcza się do punktu 4 i oczekuje na sygnał, że stempel prasy jest w położeniu górnym,
- 5) po otrzymaniu sygnału z prasy, że stempel prasy jest w położeniu górnym, chwytak z przedmiotem przesuwa się do punktu 5 sytuując przedmiot nad stołem prasy,
- 6) chwytak opuszcza się do punktu 6 kładąc przedmiot na stole prasy i zwalnia zacisk szczęk na przedmiocie,
- 7) chwytak wycofuje się do punktu 7,
- 8) robot przekazuje do prasy sygnał rozpoczęcia procesu prasowania, chwytak oczekuje w punkcie 7 na zakończenie procesu prasowania,
- 9) po otrzymaniu z prasy sygnału, że stempel jest w położeniu górnym (proces prasowania zakończony) chwytak powraca do punktu 6 i chwytka przedmiot,
- 10) chwytak unosi przedmiot do punktu 5,
- 11) chwytak przemieszcza się do punktu 4,
- 12) następnie chwytak wraz z przedmiotem przemieszcza się do punktu 8,
- 13) chwytak wraz z przedmiotem opuszcza się do punktu 9 i zwalnia zacisk przedmiotu pozostawiając przedmiot na przenośniku odprowadzającym,

- 14) z punktu 9 chwytak przemieszcza się do punktu 1 i oczekuje na sygnał o obecności kolejnego przedmiotu na przenośniku doprowadzającym.



Rys. 4.61. Graf procesu manipulacji robota

III. Określenie zależności pomiędzy robotem, a urządzeniami współpracującymi (rys. 4.62).



Rys. 4.62. Schemat uzależnień pomiędzy robotem, a urządzeniami współpracującymi

IV. Ze względu na nieskomplikowany cykl pracy stanowiska pominięto synchronizację cyklu manipulacyjnego w czasie, ponieważ jest ona zawarta w uzależnieniach robota z urządzeniami współpracującymi. Zrealizowanie powyżej wyszczególnionych działań jest podstawą do sformułowania (napisania) programu pracy robota.

PROGRAMOWANIE UKŁADÓW MANIPULACYJNYCH I ROBOTÓW W TRYBIE TEACH-IN PRZY POMOCY PROGRAMATORA RĘCZNEGO.

Programator ręczny (panel programowania, panel sterowania, teach-box) jest to przenośny pulpit układu sterowania umożliwiający przede wszystkim ręczne sterowanie zespołami ruchu jednostki kinematycznej robota. Umożliwia doprowadzenie efektora robota do określonych położeń i orientacji przestrzennej, zadanie określonej prędkości ruchu oraz kształtu trajektorii ruchu końcówki jednostki kinematycznej.

Obsługę programatora ręcznego oraz programowanie robota metodą uczenia (teach-in) przedstawimy na przykładzie robota edukacyjnego ROB-3.

Programator robota edukacyjnego ROB3 zawiera klawiaturę złożoną z 25 klawiszy podzielonych na trzy grupy (rys. 4.63):

- I) klawisze numeryczne – do wprowadzania liczb dziesiętnych, do określania numerów osi, oraz pozycji osi,
- II) klawisze sterujące – do realizacji natychmiastowo wykonywanych operacji (RUN, STOP, INS, DEL, POS, OUT),
- III) klawisze rozkazów – do wprowadzania poleceń programu sterującego (POS, TIM, OUT, MARK, IF, GOTO, NO).

Każdy klawisz rozkazu jest wyposażony w diodę świecącą potwierdzającą poprawne użycie klawisza. Jeśli zostanie wciśnięty niewłaściwy klawisz rozkazu lub sterujący, zaświeci się dioda ERR, która zgaśnie po naciśnięciu klawisza CLR.

 MARK	 GOTO	 IF	 OUT	 TIM
DEL	7	8	9	
INS	4	5	6	 POS
 RUN	1	2	3	
STOP	0	 NOP	 ERR CLR	ENT

Rys. 4.63. Klawiatura programatora ręcznego robota ROB3

Objaśnienie znaczenia wybranych poleceń wprowadzanych za pomocą programatora ręcznego.

2.1. Początek programu

STOP 0 ENT	Polecenie to tworzy nagłówek programu, inicjalizując sterownik i czyszcząc jego pamięć. Należy używać go tylko raz - na początku programu.
MARK 0 ENT	Zaznaczenie początku programu – ustawienie etykiety 0.
CLR	Przejsie do trybu WPROWADZANIE.

2.2. Pozycjonowanie osi.

(oś a) + / -	Korzystając z tego polecenia można, posługując się klawiszami + lub - , poruszać wybraną osią w prawo lub lewo, do góry lub w dół – aż do osiągnięcia żądanej pozycji.
POS ENT	Zapamiętanie pozycji osi.
POS (oś a) NOP (pozycja n) ENT	Bezpośrednie przestawienie osi <i>a</i> do pozycji <i>n</i> .

2.3. Opóźnienie czasowe

TIM <i>t</i> ENT	Zatrzymanie ruchu na określony czas (wstrzymanie wykonywania programu). Czas zliczany jest co 100 ms (np. <i>t</i> = 10 oznacza opóźnienie 1 sekunda). Wartość <i>t</i> zawierać się może w granicach od 0 do 65535.
------------------	--

2.4. Współpraca z urządzeniami współpracującymi (rozказы wejścia/wyjścia)

IF <i>i</i> ENT	Zatrzymanie wykonywania programu na tym rozkazy dopóki wejście <i>i</i> nie przyjmie wartości 0.
IF <i>i</i> NOP <i>m</i>	Jeżeli w czasie wykonywania tego rozkazy wejście <i>i</i> przyjmuje wartość 0, wykonywany jest skok do etykiety <i>m</i> . W przeciwnym wypadku wykonywany jest następny rozkaz.
OUT <i>k</i> + ENT OUT <i>k</i> - ENT	Ustaw/kasuj wyjście <i>k</i> .

2.5. Pętle programowe

MARK <i>m</i> ENT	Ustaw etykietę <i>m</i> jako punkt startowy pętli.
GOTO <i>m</i> ENT	Skocz do etykiety <i>m</i> (skok bezwarunkowy). To polecenie pozwala na pisanie programów zapętлonych w nieskończoność. Działanie takiego programu można przerwać klawiszem STOP.
GOTO <i>m</i> NOP <i>n</i> ENT	Skocz do początku pętli (etykiety <i>m</i>) <i>n</i> razy. Oznacza to <i>n</i> -krotne powtórzenie rozkazów zawartych w pętli.

2.6. Wstrzymywanie programu

DEL NOP ENT	Wstrzymuje wykonywanie programu i zapala diodę klawisza RUN. Wykonywanie programu może być wznowione po naciśnięciu klawisza ENT. Naciśnięcie klawisza CLR powoduje przejście do trybu WPROWADZANIE.
-------------	--

2.7. Zakończenie programu

INS NOP ENT	Polecenie to musi być wprowadzone na zakończenie każdego programu wpisywanego metodą uczenia.
-------------	---

2.8. Sterowanie pracą programu

RUN 0 ENT	Uruchomienie programu w trybie pracy ciągłej począwszy od etykiety <i>m</i> .
RUN NOP <i>m</i> ENT	Uruchomienie programu (od etykiety) w trybie pracy krokowej. Naciśnięcie klawisza + powoduje wykonanie następnego rozkazu programu.

Poniżej przedstawiono sposób formułowania programu robota ROB3, programowanie za pomocą panelu programowania, metodą uczenia.

Polecenia programowe	Komentarz
STOP 0 ENT MARK 0 ENT CLR POS ENT	Przygotowanie sterownika robota do przyjęcia programu Wyczyść pamięć, utwórz nagłówek programu Wprowadź adres startu Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj bieżącą pozycję jako początkową (punkt 1)
IF 1 ENT 1 + /- CLR POS ENT 6 + CLR POS ENT	Realizacja pierwszej czynności w cyklu manipulacji robota Czekaj na sygnał z przenośnika doprowadzającego 4 Realizacja drugiej czynności w cyklu manipulacji robota Wybierz oś 1 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz + (lub -), aby obrócić oś w kierunku punktu 2, należy pozycjonować również inne osie robota (oś 2, 3, 4, 5) aż uzyskane będzie położenie chwytaka umożliwiające chwycenie przedmiotu w punkcie 2 Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj bieżącą pozycję Wybierz oś 6 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz +, aby zacisnąć szczęki chwytaka na przedmiocie Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj bieżącą pozycję Realizacja trzeciej czynności w cyklu manipulacji robota

2 - CLR POS ENT	Wybierz oś 2 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz – aby unieść chwytak do punktu 3 Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj bieżącą pozycję Realizacja czwartej czynności w cyklu manipulacji robota
1 +	Wybierz oś 1 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz +, aby przemieścić chwytak z przedmiotem do punktu 4 (jeżeli będzie konieczność, to należy pozycjonować również inne osie, aż chwytak z przedmiotem osiągnie właściwą pozycję)
CLR POS ENT	Przejdź do trybu wprowadzanie Zapamiętaj bieżącą pozycję Realizacja piątej czynności w cyklu manipulacji robota
3 -	Wybierz oś 3 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz - aby przemieścić chwytak z przedmiotem do punktu złożenia przedmiotu
CLR POS ENT	Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj bieżącą pozycję Realizacja szóstej czynności w cyklu manipulacji robota
6 -	Wybierz oś 6 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz – w celu zwolnienia zacisku szczęk chwytaka na przedmiocie
CLR POS ENT	Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj pozycję Realizacja siódmej czynności w cyklu manipulacji robota
2 +	Wybierz oś 2 do pozycjonowania w trybie uczenia Naciśnij klawisz +, aby przemieścić ramię do góry
CLR POS ENT	Przejdź do trybu WPROWADZANIE Zapamiętaj pozycję
INS NOP ENT	Koniec programu

UWAGA:

Przedstawionego programu nie należy traktować jako wzoru, który można wprowadzić do sterownika robota, gdyż jest on jedynie ilustracją struktury programu i techniki programowania. Właściwą postać programu można opracować tylko w przypadku istnienia rzeczywistego stanowiska zrobotyzowanego.

Programowanie maszyn manipulacyjnych i robotów w trybie edycji

Zasady programowania maszyn manipulacyjnych i robotów w trybie edycji przedstawione zostaną w oparciu o system TBPS programowania robota edukacyjnego ROB3. Ten system programowania zastępuje panel programowania, umożliwia realizację przemieszeń efektora poprzez formułowanie i przekazywanie do układu sterowania robota odpowiednio sformułowanych poleceń. System może nie tylko sterować przemieszczaniem efektoru, ale również zadawać parametry ruchu, tzn. prędkość ruchu i kształt toru przemieszczania. Efektor może przemieszczać się po torze prostoliniowym lub po łuku. Możliwe jest również wykonywanie skoków oraz pętli programowych, sterowanie urządzeń współpracujących, tworzenie uzależnień od urządzeń współpracujących.

Sposób programowania:

Menu główne zawiera możliwości wyboru siedmiu funkcji realizowanych przez system TBPS.

MENU GŁÓWNE

FUNKCJA	KLAWISZ FUNKCJI
Load Program (Załaduj program)	F1
Save Program (Zapamiętaj program)	F2
Create Program (Utwórz program)	F3
Run Program (Uruchom program)	F4
Teachbox Communication (Połącz się z panelem programowania)	F5
Print Program Listing (Drukuj program)	F6
Exit (Zakończ działanie)	F7

TWORZENIE NOWEGO PROGRAMU.

Chcąc utworzyć nowy program naciskamy klawisz F3_CREATE PROGRAM – UTWÓRZ PROGRAM. Po jej wyborze na ekranie pojawiają się trzy stale obecne okna wraz z linijką menu w dolnej części.

1. OKNO PROGRAMU – LISTING WINDOW.

W oknie programu wyświetlany jest tworzony program sterujący robota w postaci ciągu kolejno wykonywanych poleceń. Domyślnie w pierwszym wierszu ustawiane jest polecenie MAR 0.

Dostęp do okna programu możliwy jest pośrednio, tylko z okna rozkazów (Instruction Window).

KLAWISZ	DZIAŁANIE
Strzałka w górę	Do góry o jeden wiersz
Strzałka w dół	Do dołu o jeden wiersz

MARK
TIMER
POS AXIS
POS X, Y, Z
GOTO
OUT
IF
COMMENT
END
HALT
DEL
INS
SEARCH

2. OKNO ROZKAZÓW – INSTRUCTION WINDOW.

Wyświetlane są tu wszystkie rozkazy i polecenia potrzebne do napisania programu sterującego robota. Aby wybrać rozkaz lub polecenie należy pasek podświetlający przesunąć do wybranego wiersza klawiszami przemieszczania kursora i nacisnąć ENTER. Można również wybrać polecenie lub rozkaz naciskając klawisz z literą trwale podświetloną w danym wierszu.

W oknie wyświetlone są następujące rozkazy i polecenia:

MARK

Polecenie to służy do ustalania wartości etykiet w programie sterującym. Etykiety można wykorzystywać jako adresy skoków bezwarunkowych (GOTO) lub warunkowych (IF) oraz do organizowania pętli. Można je również wykorzystywać jako adresy startowe różnych fragmentów programu. Wykonanie przez program polecenia MARK nie wiąże się z działaniem robota.

MAR 100	ustaw etykietę numer 100
---------	--------------------------

TIMER

Rozkaz ustawienia wartości opóźnienia (zatrzymania ruchu robota) w jednostkach 100 ms.

TIM 10	opóźnienie o długości 1 sekunda
--------	---------------------------------

POS

AXIS

Po wybraniu tego rozkazu na ekranie pojawiają się okna umożliwiające poruszanie osiami robota w trybie uczenia. Pojawia się fragment okna programu zawierający cztery ostatnie wiersze programu, okno pokazujące bieżące pozycje wszystkich osi robota, okno wyboru osi do pozycjonowania, szybkości pozycjonowania i rodzaju ruchu.

Aby pozycjonować wybraną oś należy wybrać polecenie SELECT AXIS i podać numer osi, a następnie poprzez OKNO WPROWADZANIA DANYCH wpisać wartość położenia (z przedziału 0 – 256).

Polecenie SPEED określa jedna z pięciu możliwych prędkości dla wszystkich osi biorących udział w ruchu. Wartość 1 odpowiada ruchowi najwolniejszemu, 5 – najszybszemu.

To polecenie nie jest obowiązkowe, jeśli nie zastosujemy go, system przypisze ruchowi prędkość domyślną 5.

Polecenie MOVEMENT TYPE pozwala na określenie typu ruchu chwytaka:

a) od punktu do punktu PtP - w programie oznaczony P,

b) po linii prostej (liniowy) - w programie oznaczony L.

Dwukrotne naciśnięcie ESC umieszcza rozkaz w programie. Ponowne dwukrotne naciśnięcie ESC powoduje powrót do początkowej fazy tworzenia programu.

POS 1:100, 5P	przestaw oś 1 do pozycji 100 z prędkością 5 ruchem PtP
POS 2:14, 3:144, 4:200, 5L	przestaw oś 2 do pozycji 14, oś 3 do pozycji 144, oś 4 do pozycji 200 z prędkością 5 ruchem liniowym

GOTO

Jest to rozkaz skoku bezwarunkowego do etykiety (patrz opis polecenia MARK). Można również wykonać skok wielokrotnie organizując w ten sposób pętle programową.

GTO 10	skocz bezwarunkowo do etykiety 10
GTO 20 NOP 5	pięć razy skocz bezwarunkowo do etykiety 20

OUT

Rozkaz ten umożliwia ustawianie lub kasowanie wyjść cyfrowych (umożliwia załączanie lub wyłączanie urządzeń współpracujących z robotem).

OUT 7 +	wygeneruj sygnał na wyjściu 7 (ustaw wyjście 7)
---------	---

IF

Polecenie to używane jest do badania stanu wybranego wejścia robota w celu oddziaływania na dalszy przebieg wykonania programu (umożliwia przyjmowanie informacji od urządzeń współpracujących z robotem).

IF 7	oczekuj na sygnał na wejściu 7
IF 3 NOP 10	jeśli na wejściu 3 jest sygnał, to skocz do etykiety 10, w przeciwnym wypadku przejdź do następnego rozkazu

END

Jest to znacznik końca programu. System nie pozwoli na zakończenie tworzenia programu dopóki ten znacznik nie zostanie wpisany do programu.

OKNO INFORMACYJNE.

W oknie tym pojawiają się krótkie informacje wyjaśniające znaczenie aktualnie wybranego lub podświetlonego rozkazu lub polecenia oraz dopuszczalny zakres zmienności jego parametrów.

OKNO WPROWADZANIA DANYCH.

Okno to pojawia się tylko wtedy, gdy wybrany rozkaz lub polecenie wymaga podania parametru. Wprowadzenie parametru należy potwierdzić klawiszem ENTER. Wprowadzony, a nie zatwierdzony parametr można unieważnić naciskając ESC.

Po utworzeniu programu należy dwukrotnie nacisnąć ESC, aby przejść do MENU GŁÓWNEGO.

Naciskając klawisz F2 wybieramy funkcję SAVE PROGRAM – ZAPAMIĘTAJ PROGRAM, w celu zapisania programu w pamięci komputera.

Jeżeli chcemy utworzony i zapisany program przesłać do pamięci robota to naciskamy klawisz F1 wybierając funkcję LOAD PROGRAM – ZAŁADUJ PROGRAM.

Jeżeli chcemy uruchomić program przekazany do pamięci robota to naciskamy klawisz F4 RUN PROGRAM – URUCHOM PROGRAM.

EXIT – ZAKOŃCZ PROGRAM

Wyjście z systemu TBPS i powrót do DOS. Należy pamiętać, że funkcja ta kasuje całość pamięci systemu TBPS.

P R Z Y K Ł A D.

Stosując system TBPS zaprogramujemy następujący cykl pracy robota:

0. Chwytnak robota jest w pozycji początkowej.
1. Przesunięcie chwytaka do punktu A ruchem szybkim, PTP (położenie punktu A w przestrzeni roboczej robota określone jest poprzez podanie współrzędnych poszczególnych osi: X=150, Y=100, Z=200).
2. Zatrzymanie ruchu na okres 1 sekundy.
3. Przesunięcie chwytaka do punktu B ruchem powolnym liniowym (położenie punktu B w przestrzeni roboczej robota określone jest poprzez podanie współrzędnych poszczególnych osi: X=200, Y=100, Z=200).
4. Zatrzymanie ruchu na okres 1 sekundy.
5. Przesunięcie chwytaka do punktu C ruchem powolnym, liniowym (położenie punktu C w przestrzeni roboczej robota określone jest poprzez podanie pozycji poszczególnych osi: X=100, Y=100, Z=200).
6. Koniec cyklu.

Program zapisany w oknie programu (LISTING WINDOW) ma następującą postać:

0000	MAR 0
0001	POS X:150, Y:100, Z:200, 5P
0002	TIM 10
0003	POS X:200, Y:100, Z:200, 1L
0004	TIM 10
0005	POS X:100, Y:100, Z:200, 1L
0007	INS.

Symulacja i wizualizacja pracy maszyn manipulacyjnych i robotów

Dla ułatwienia i usprawnienia procesu programowania pracy maszyn manipulacyjnych i robotów stosowane są programy symulacyjne oraz wizualizacyjne. Stosowanie tych programów uniezależnienia proces programowania od istnienia rzeczywistego stanowiska zrobotyzowanego, umożliwia optymalizację struktury i usytuowania poszczególnych urządzeń wchodzących w skład stanowiska, przyczynia się do zmniejszenia kosztów oraz skrócenia czasu programowania. Zagadnienie symulacji oraz wizualizacji pracy maszyn manipulacyjnych i robotów przedstawimy na przykładzie programu COSIMIR. Program ten umożliwia trójwymiarową symulację, trójwymiarowe modelowanie, optymalizację struktury i programowanie stanowisk zrobotyzowanych.

Podczas pracy w tym programie można wyróżnić następujące etapy:

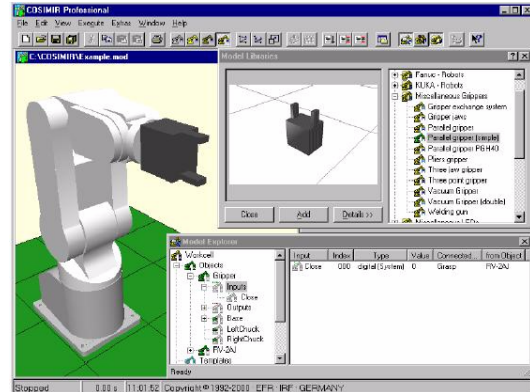
A. Modelowanie stanowiska (można projektować różnorodne stanowiska zrobotyzowane korzystając z bogatej biblioteki systemów robotycznych zawierającej różne roboty, chwytaki, narzędzia, przedmioty manipulacji, sensory, magazyny, przenośniki i inne urządzenia współpracujące). Kolejność czynności:

1. wybór rodzaju robota (rys. 4.64 a),
2. dodanie chwytaka (rys. 4.64 b) i ustalenie połączeń ze sterownikiem robota,

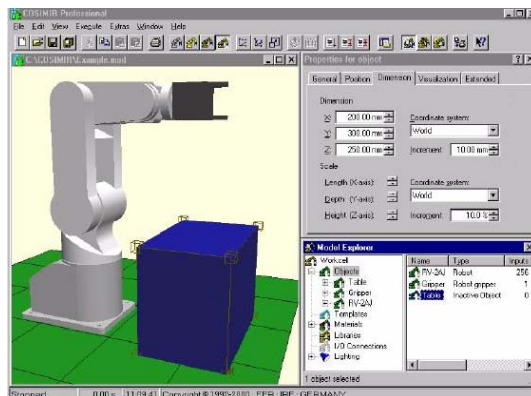
3. dodanie urządzeń współpracujących z robotem (rys. 4.64 c), precyzyjne określenie ich pozycji i orientacji,
4. dodanie obiektu manipulacji i określenie miejsca chwycenia (rys. 4.64 d).



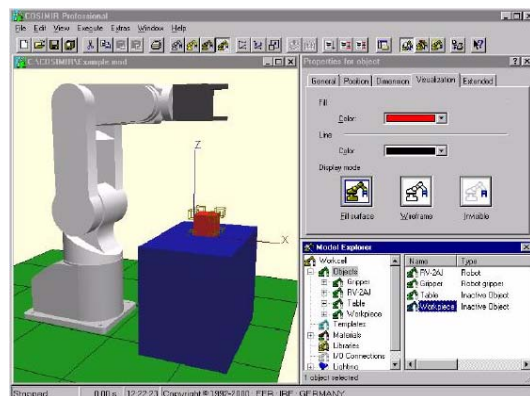
a)



b)



c)

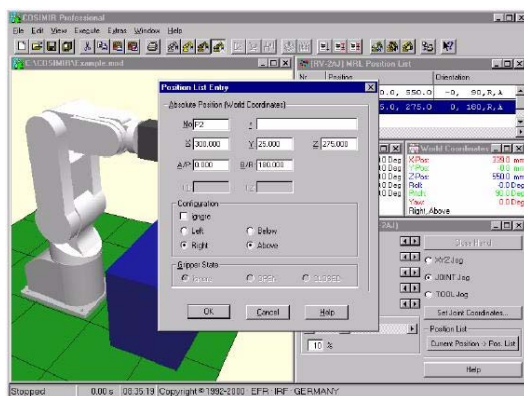


d)

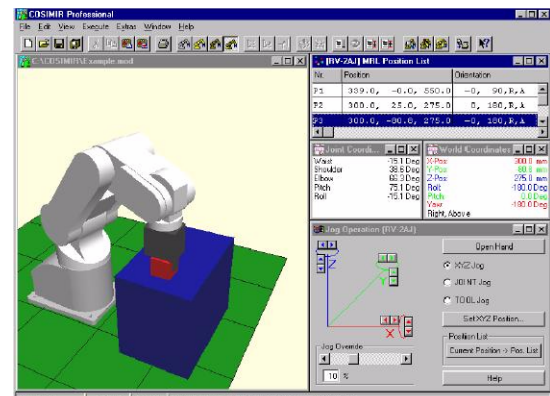
Rys. 4.64. Etapy modelowania stanowiska zrobotyzowanego w programie COSIMIR [13]

B. Programowanie stanowiska.

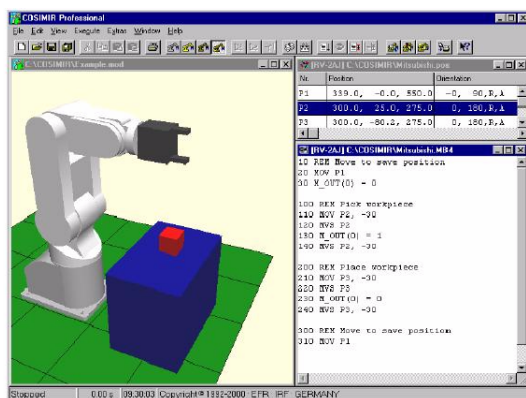
1. metodą uczenia wprowadzamy charakterystyczne punkty trajektorii ruchu robota (P1, P2, itd.), współrzędne zapisujemy w liście pozycji (rys. 4.65 a, b),
2. w oparciu o charakterystyczne punkty trajektorii określone metodą uczenia formułujemy polecenia dotyczące przemieszczania efektora robota (rys. 4.65 c),



a)



b)

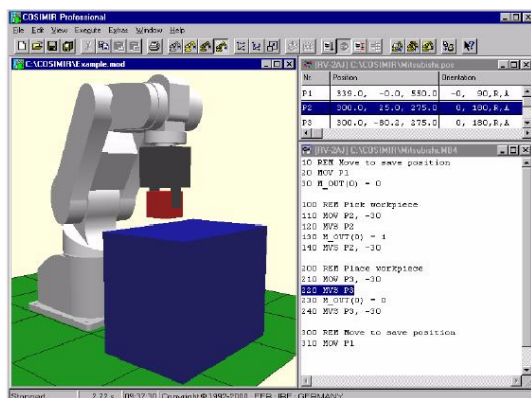


c)

Rys. 4.65. Etapy programowania stanowiska zrobotyzowanego w programie COSIMIR

C. Symulacja pracy stanowiska.

Program realizuje proces symulacji krok po kroku. Czas symulacji wyświetlany jest w pasku stanu ekranu, aktualnie realizowany krok programowy jest podświetlany. Istnieje możliwość wykrywania możliwości kolizji pomiędzy obiektami wchodzącymi w skład stanowiska (rys. 4.66). W przypadku wystąpienia kolizji obiekty biorące udział podświetlane są na czerwono.



Rys. 4.66. Proces symulacji pracy stanowiska zrobotyzowanego

4.2.2. Pytania sprawdzające

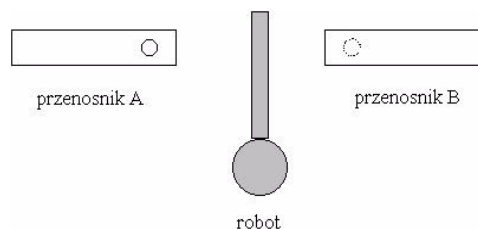
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Opisz sposób programowania maszyn manipulacyjnych i robotów metodą uczenia z wykorzystaniem programatora ręcznego.
2. Objaśnij sposób programowania maszyn manipulacyjnych i robotów metodą nauczania z wykorzystaniem ręcznego prowadzenia elementu roboczego.
3. Na czym polega programowanie ukierunkowane celowo?
4. Objaśnij zalety programowania autonomicznego.
5. Omów sposób programowania robotów za pomocą systemu TBPS.

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zadaniem robota jest pobieranie przedmiotów z przenośnika A, przemieszczanie ich i odkładanie na przenośnik B.



Rys. 4.67. Schemat układu do ćwiczenia 1

1. Przedstaw cykl manipulacyjny robota w postaci schematu blokowego.
2. Opisz elementarne czynności manipulacyjne robota.
3. Zaprogramuj robot metodą uczenia stosując panel programowania, zapisz program na karcie sprawozdania z wykonania ćwiczenia.
4. W obecności nauczyciela uruchom program w trybie pracy krokowej.
5. W obecności nauczyciela uruchom program w trybie pracy ciągłej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

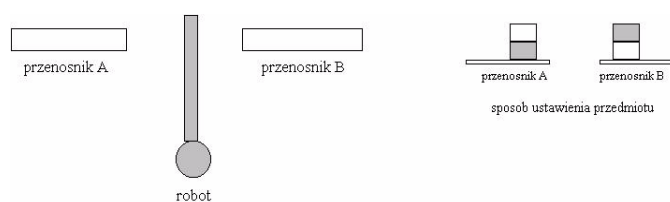
- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) udzielić pisemnych odpowiedzi na polecenia zawarte w treści ćwiczenia,
- 4) w obecności nauczyciela uruchomić program w trybie pracy krokowej.
- 5) w obecności nauczyciela uruchomić program w trybie pracy ciągłej.

Wypożyczenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- robot edukacyjny (lub przemysłowy) wyposażony w panel programowania,
- przenośniki (lub ich makiety),
- detale przemieszczane przez robot.

Ćwiczenie 2

Robot pobiera przedmioty z przenośnika A przemieszcza je obracając o 180° i kładzie na przenośnik B



Rys. 4.68. Schemat układu do ćwiczenia 2

1. Przedstaw cykl manipulacyjny robota w postaci schematu blokowego.
2. Opisz elementarne czynności manipulacyjne robota.
3. Zaprogramuj robot metodą uczenia stosując system TBPS.
4. W obecności nauczyciela uruchom program w trybie pracy krokowej oraz ciągłej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) udzielić pisemnych odpowiedzi na polecenia zawarte w treści ćwiczenia,
- 4) zaprogramować robot i w obecności nauczyciela uruchomić program w trybie pracy krokowej oraz ciągłej.

Wypożyczenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- robot edukacyjny (lub przemysłowy),
- zestaw komputerowy z systemem programowania robota,
- przenośniki (lub ich makiety),
- detale przemieszczane przez robot.

Ćwiczenie 3

Zasymuluj działanie stanowiska zrobotyzowanego przedstawionego w ćwiczeniu 2.

1. Przedstaw cykl manipulacyjny robota w postaci schematu blokowego.
2. Opisz elementarne czynności manipulacyjne robota.
3. Zamodeluj stanowisko wykorzystując program COSIMIR (lub podobny).
4. Zaprogramuj cykl pracy stanowiska wykorzystując program COSIMIR (lub podobny).
5. Zasymuluj pracę stanowiska wykorzystując program COSIMIR (lub podobny).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 3) udzielić pisemnych odpowiedzi na polecenia 1 oraz 2 zawarte w treści ćwiczenia,
- 4) wykorzystując program COSIMIR utworzyć model stanowiska, zaprogramować cykl pracy stanowiska oraz dokonać symulacji jego działania.

Wypożyczenie stanowiska:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia,
- zestaw komputerowy z oprogramowaniem COSIMIR.

4.2.4. Sprawdzian postępów.

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) Objąć na czym polega programowanie robotów przemysłowych?	☐	☐
2) Scharakteryzować metody programowania robotów?	☐	☐
3) Objąć zasady tworzenia programów sterowniczych robotów?	☐	☐
4) Zaprogramować robot za pomocą programatora ręcznego?	☐	☐
5) Zaprogramować robot za pomocą systemu TBPS?	☐	☐
6) Zamodelować stanowisko zrobotyzowane korzystając z programu COSIMIR?	☐	☐
7) Dokonać symulacji pracy stanowiska zrobotyzowanego korzystając z programu COSIMIR?	☐	☐

4.3. Zasady aplikacji i użytkowania systemów robotycznych

4.3.1. Materiał nauczania

Cechy procesów podatnych na robotyzację

Wyróżnić można dwie koncepcje stosowania robotów:

- 1). bezpośrednie zastępowanie pracowników przez roboty, bez istotnych zmian technologii, oraz organizacji stanowiska,
- 2). stosowanie takich rozwiązań konstrukcyjnych i organizacyjnych, aby zastosowany robot zastąpił nie tylko człowieka, ale również usprawniał system wytwarzania.

Niewątpliwie druga koncepcja bardziej odpowiada potrzebom współczesnej gospodarki. Zatem, jakimi kryteriami należy się kierować podejmując decyzję o zastosowaniu robota przemysłowego? Istotna jest tzw. podatność na robotyzację procesów. Podatność na robotyzację procesów charakteryzują:

- A) Powtarzalność czynności realizowanych w trakcie procesu – konstrukcja robotów do realizacji procesów o powtarzalnych czynnościach jest prostsza i mniej kosztowna. Robot taki wymaga zastosowania mniejszej liczby układów sensorycznych, mniej rozbudowanego programu działania, mniejszej liczby efektorów końcowych, prostsza jest obsługa stanowiska oraz zmniejsza się ryzyko awarii.
- B) Identyczność obiektów manipulacji i jednolitość materiału – bardzo ułatwia to chwytanie i manipulowanie obiektem, zbędne są rozbudowane systemy identyfikacji obiektów.
- C) Możliwość zmian w konstrukcji wyrobu – niewielkie korekty w konstrukcji produkowanych wyrobów lub korekta procesu wytwarzania w znaczny sposób mogą wpłynąć na ułatwienie zastosowania robota w procesie.
- D) Dostarczanie obiektów manipulacji w określonej pozycji i orientacji – szybkość i wydajność pracy robota w znacznym stopniu zależy od jednoznaczności pozycji i orientacji pobieranych przedmiotów. Wprowadzenie układów sensorycznych mogą same lokalizować przedmioty, ale ich stosowanie znacznie zwiększa koszt stanowiska.
- E) Właściwości obiektów manipulacji – kształt, sprężystość, odporność na zgniecenie itp. Są to cechy mające decydujący wpływ na możliwość ich chwycenia i manipulowania oraz sposób podawania przedmiotów do robota.
- F) Sposób zarządzania produkcją – wielkość produkcji, czas przebrojenia informacje dotyczące serii wyrobów są cechami mogącymi wpłynąć na opłacalność robotyzacji stanowiska.
- G) Kwalifikacje pracowników.

Wymienione powyżej cechy sprzyjają obniżeniu kosztów robotyzacji procesów, lecz nie można wykluczyć przypadków robotyzowania procesów bez ich uwzględnienia. Nie zawsze czynnik ekonomiczny jest decydujący, gdyż są aspekty, takie jak:

- ograniczenie lub wyeliminowanie udziału człowieka z realizacji procesów uciążliwych lub szkodliwych,
- zagwarantowanie wysokich i stałych dla całej serii parametrów jakościowych,
- możliwość realizacji procesów wykluczających obecność człowieka (np. wymagających zachowania bardzo wysokich norm czystości, itp), aspekty te mogą przeważać nad czynnikami ekonomicznymi.

Dobór maszyn manipulacyjnych i robotów dla potrzeb robotyzacji procesu

Przy wyborze maszyny manipulacyjnej zawsze należy przestrzegać zasady zgodności wymagań procesu i możliwości kinematycznych, sterowniczych i energetycznych maszyny manipulacyjnej. Odstępstwa od tej zasady skutkują zazwyczaj zbędnym podniesieniem kosztów robotyzacji procesu. Kompleksowa analiza zagadnień wiążących się z podjęciem decyzji o zastosowaniu robotów powinna być przeprowadzona nie tylko przez specjalistów zajmujących

się robotami, ale również technologów, konstruktorów i organizatorów procesów produkcyjnych. Przy analizie wymagań procesu trzeba bardzo precyzyjnie określić czynności realizowane na stanowisku (dokonać identyfikacji zadań manipulacyjnych). W związku z tym należy:

- 1) wyodrębnić z zadania manipulacyjnego elementarne czynności (przemieszczenia wraz z parametrami ruchu),
- 2) określić sposób oraz siłę chwycenia obiektu,
- 3) ustalić sposób orientacji obiektu,
- 4) ustalić uzależnienia czasowe i ruchowe, blokady pomiędzy wszystkimi elementami systemu roboczego.

Konsekwencją tej analizy będzie określenie wymagań dotyczących struktury jednostki kinematycznej, energii zasilania, układu sterowania, układów sensorycznych maszyny manipulacyjnej. Wyodrębnione winny zostać czynności realizowane przez robot oraz czynności, które wykonywane będą przez obsługę stanowiska. W tabeli 4.4. przedstawiono zakres czynności koniecznych do zrealizowania przed podjęciem decyzji o zastosowaniu robota.

Tabela. 4.4. Zakres analizy robotyzowanego procesu

Grupa czynności	Podgrupa czynności	Wynik
Analiza stanowiska	– zadania manipulacyjne – maszyny produkcyjne – obiekty manipulacji – technologia - analiza przestrzenna i czasowa	– decyzja o wprowadzeniu robota – założenia projektowe
Wybór typu robota	– liczba osi sterowanych – dokładność – prędkość przemieszczeń – liczba kroków programowych – strefa obsługi – liczba sterowanych funkcji zewnętrznych	– typ robota
Organizacja procesu manipulacji	– organizacja procesu roboczego – rozwiązanie dyspozycyjne stanowiska – obsługa zespołu maszyn	– projekt ideowy stanowiska
Analiza ekonomiczna	– nakłady na projekt – korzyści ekonomiczne – czas zwrotu	– podjęcie decyzji o realizacji stanowiska
Dobór urządzeń dodatkowych	– mechanizmy mocujące – przenośniki – podajniki – zasobniki – urządzenia zaciskowe	– oprogramowanie stanowiska
Dobór oprogramowania	– diagram manipulacji – system blokad i uzależnień – diagram czasowy – programowanie – ustawienie programów	– instrukcje robocze

Techniczno-organizacyjne zabezpieczenie eksploatacji stanowiska	– przeszkolenie obsługi robota – zainstalowanie robota – konserwacja – usuwanie uszkodzeń	
---	--	--

Bezpieczeństwo pracy systemów robotycznych

Wprawdzie roboty powinny wykonywać swoje zadania na stanowiskach zrobotyzowanych bez udziału człowieka, to jednak ingerencja człowieka jest potrzebna (lub nawet konieczna):

- 1) w czasie programowania (uczenia) robota,
- 2) podczas napraw i konserwacji,
- 3) podczas automatycznej pracy robota, gdy w jego zasięgu znajdzie się człowiek.

W dwóch pierwszych przypadkach obecność człowieka jest niezbędna i dlatego osoby wykonujące te czynności powinny przestrzegać określonych zasad, np. zmniejszyć prędkość ruchu poszczególnych osi, zapewnić możliwość natychmiastowego wyłączenia robota lub odcięcia zasilania itp. W trzecim przypadku najlepszym środkiem jest uniemożliwienie pojawienia się człowieka w strefie pracy robota. Należy mieć świadomość, że zagrożenie ze strony robota wynika nie tylko od fizycznego kontaktu z częściami ruchomymi robota, ale również od przedmiotów, które mogą wypaść z chwytaka. Dążenie do zagwarantowania bezpiecznej pracy stanowisk zrobotyzowanych realizowane powinno być na drodze sprzętowej oraz programowej. W programach sterowania powinny być zawarte algorytmy zabezpieczające przed kolizją oraz gwarantujące pewny chwyt chwytaka. Dodatkowo stanowisko powinno być zabezpieczone barierami mechanicznymi oraz systemami sensorycznymi.

Systemy ochronne na stanowiskach zrobotyzowanych w zależności od zasięgu ich oddziaływania można podzielić na trzy poziomy:

- 1) poziom 1 - wykrywanie obecności człowieka na granicy stanowiska zrobotyzowanego -
- ochrona operatorów i osób postronnych wkraczających w obszar stanowiska podczas automatycznej pracy robota,
- 2) poziom 2 - wykrywanie obecności człowieka w obszarze stanowiska zrobotyzowanego
2a – poza zasięgiem ruchów robota, 2b – wewnątrz strefy ruchów robota; ochrona operatorów i osób współpracujących z robotem podczas pracy automatycznej w przypadku awarii lub odłączenia poziomu 1 lub niecelowości jego stosowania,
- 3) poziom 3 – wykrywanie obecności człowieka podczas bezpośredniego kontaktu z robotem lub w niewielkiej odległości od ramienia robota – ochrona operatorów lub konserwatorów podczas programowania, testowania i konserwacji robotów.

Systemy ochronne poziomu pierwszego są powszechnie stosowane, natomiast systemy poziomu 2 i 3 są w fazie opracowywania i wdrażania.

Z a b e z p i e c z e n i a s p r z ę t o w e p o z i o m u 1 polegają na:

- 1) ograniczeniu prędkości ruchu robotów podczas ich uczenia max do 0,3 [m/sek]
- 2) oznaczenie zasięgu strefy pracy robotów na podłożu żółtymi liniami,
- 3) stosowanie ogrodzeń stanowisk (można zabezpieczyć człowieka przed wkroczeniem w strefę pracy robota oraz ochronić przed urazem ze strony przedmiotów upuszczonych przez chwytak w czasie procesu manipulacji),
- 4) stosowanie systemów sensorycznych, najlepiej razem z osłoną stałą,
- 5) podzielenie nadzorowanej powierzchni na strefy i ostrzeganie o ich przekroczeniu.

Układy sensoryczne umożliwiające wykrywanie obecności człowieka w strefie pracy robota.

1. **Maty podłogowe:** są budowane z dwóch płyt umieszczonych jedna na drugiej, które pod wpływem obciążenia stykają się i zamykają obwód elektryczny.

2. **Kurtyny świetlne:** działają na zasadzie odbioru światła wysyłanego przez nadajnik, np. przez diody. Strefa czułości ma kształt pionowego prostokąta.

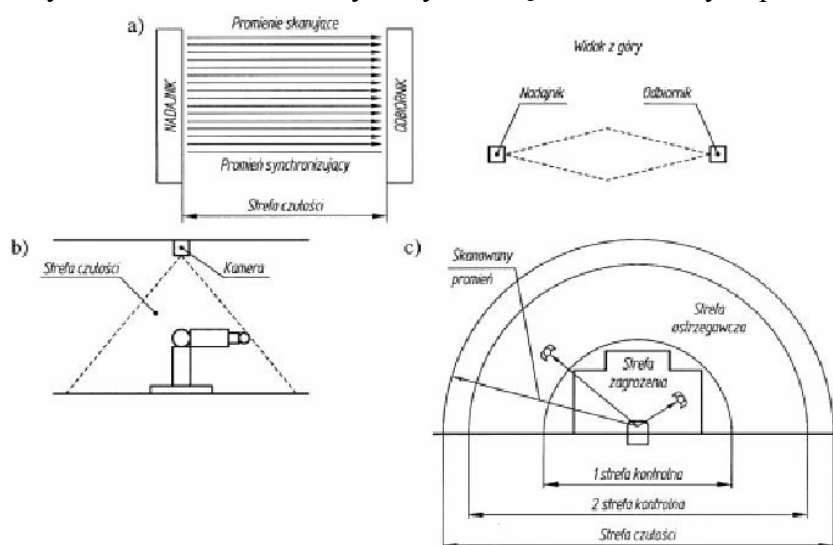
Instalowane są również dźwiękowe i świetlne sygnały ostrzegające osoby zbliżające się do układu zrobotyzowanego lub obecne w strefie zagrożenia.

3. **Skanery laserowe:** należą do najnowszej generacji bezdotykowych urządzeń ochronnych. Promień lasera „omiata” kontrolowaną strefę. Mierzony jest poziom promienia odbitego. Skanery laserowe umożliwiają nie tylko wykrycie naruszenia strefy, ale i określenie miejsca jej naruszenia.

4. **Czujniki ultradźwiękowe:** nadajniki i odbiorniki ultradźwięków umieszczone są na ramieniu robota. Miarą odległości od przeszkody jest czas, jaki upłynie pomiędzy impulsem wysłanym, a odbitym od przeszkody.

5. **Analizatory obrazów telewizyjnych:** obraz wytwarzany przez kamerę telewizyjną umieszczoną nad stanowiskiem jest poddawany analizie - rozpoznawane są kontury robota, ludzi i innych elementów stanowiska. W przypadku pojawienia się człowieka na stanowisku system ustala jego położenie względem robota i przewiduje, czy może wystąpić kolizja.

Przykłady kształtów stref bezdotykowych urządzeń ochronnych podano na rys. 4.69.



Rys. 4.69. Przykłady kształtów stref bezdotykowych urządzeń ochronnych: a) kurtyny świetlnej, b) systemu wizyjnego, c) skanera laserowego

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonywania ćwiczeń.

1. Na czym polega podatność na robotyzację procesów?
2. Wymień pozaekonomiczne czynniki mające wpływ na decyzję o robotyzacji stanowiska (procesu) produkcyjnego.
3. Co wchodzi w zakres identyfikacji zadań manipulacyjnych realizowanych na stanowisku produkcyjnym?
4. Na czym polegają zabezpieczenia sprzętowe poziomu 1 stanowisk zrobotyzowanych?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oszacuj podatność na robotyzację procesów opisanego poniżej procesu. Przedmioty dostarczane są na stanowisko przenośnikiem taśmowym i układane są w kontenerach:

- 1) przedmioty dostarczane są przenośnikiem zawsze w to samo miejsce,
- 2) orientacja (położenie) przedmiotów jest taka sama,
- 3) wymiary, kształt, ciężar przedmiotów są identyczne,
- 4) przedmioty wykonane są z tego samego materiału,
- 5) kontener zapelniony przemieszczany jest na przenośnik odprowadzający, a w jego miejsce podsuwany jest kontener pusty,
- 6) w każdym kontenerze należy złożyć tę samą ilość przedmiotów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 3) dokonać analizy opisanego procesu w oparciu o cechy podatności na robotyzację procesów zamieszczonych w rozdziale 4.3 Poradnika dla ucznia,
- 4) zadanie wykonać w grupie 2-3 osobowej,
- 5) wyniki analizy zapisać w karcie sprawozdania z wykonania ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2.

Zaproponuj wyposażenie systemu ochronnego stanowiska zrobotyzowanego do malowania natryskowego w celu zabezpieczenia osób obsługujących stanowisko oraz pracujących w pobliżu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3. Poradnika dla ucznia,
- 2) zapoznać się z fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela ,
- 3) w karcie sprawozdania z wykonania ćwiczenia zapisać nazwy elementów wyposażenia systemu ochronnego stanowiska zrobotyzowanego.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura podana w rozdziale 6 Poradnika dla ucznia.

4.3.4. Sprawdzian postępów.

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) Rozpoznać cechy procesów charakteryzujące ich podatność na robotyzację?	☐	☐
2) Wyjaśnić zakres czynności koniecznych do zrealizowania przed podjęciem decyzji o zastosowaniu na stanowisku produkcyjnym robota?	☐	☐
3) Scharakteryzować systemy ochronne stanowisk zrobotyzowanych?	☐	☐
4) Wymienić zabezpieczenia sprzętowe poziomu pierwszego systemu ochronnego stanowiska zrobotyzowanego?	☐	☐

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

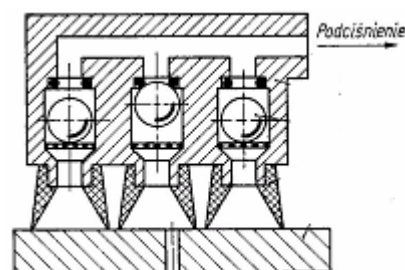
1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 9 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonania zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi na któreś z pytań będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później, udzielaj odpowiedzi na pozostałe pytania i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 15 min.

Powodzenia!

Zestaw pytań testowych

1. Cechą odróżniającą roboty od manipulatorów jest
 - a) szybkość działania.
 - b) duża dokładność pozycjonowania efektora.
 - c) mały udźwig.
 - d) uniwersalność.
2. Zadaniem efektora końcowego robota jest
 - a) chwycenie i utrzymanie obiektu manipulacji.
 - b) orientowanie i ustawianie elementu roboczego we właściwej pozycji.
 - c) ustawianie położenia kiści robota,
 - d) zabezpieczenie ramienia robota przed kolizją.
3. Regionalny układ odniesienia wykorzystywany jest do określania przemieszczeń
 - a) robota względem stanowiska roboczego.
 - b) efektora końcowego robota.
 - c) ramion jednostki kinematycznej robota.
 - d) urządzeń technologicznych współpracujących z robotem.
4. Sygnały generowane przez układy pomiarowe zespołów ruchu maszyn manipulacyjnych i robotów służą do
 - a) zabezpieczenia układu ruchu robota przed kolizją.
 - b) określenia orientacji obiektów manipulacji.
 - c) regulacji położenia oraz parametrów ruchu poszczególnych zespołów ruchu.
 - d) zapewnienie odpowiedniej siły chwytu chwytaka.

5. Chwytnik, którego schemat konstrukcyjny przedstawiono na rysunku zaliczany jest do grupy chwytaków



- a) mechanicznych.
- b) adhezyjnych.
- c) kształtowych.
- d) elektromagnetycznych.

6. Przeznaczeniem czujnika typu „sztuczna skóra” jest

- a) określanie wilgotności środowiska pracy robota.
- b) wyczuwanie obecności przedmiotu oraz jego kształtu.
- c) zabezpieczenie obiektu manipulacji przed wypadnięciem z chwytaka.
- d) pomiar temperatury przedmiotów chwytnych przez chwytak.

7. Robot generacji I to

- a) robot posiadający układy sensoryczne umożliwiające zbieranie informacji o otoczeniu w celu optymalizacji pracy robota; ma zdolność rozpoznania kształtu i lokalizacji poszukiwanego obiektu.
- b) robot posiadający pewien „poziom intelektualny” umożliwiający mu aktualizowanie programu działania w zmieniających się warunkach; posiada układy sensoryczne wzroku, słuchu, czucia pozwalające na rozpoznawanie obiektów w przestrzeni zapamiętanej przez robot, ma zdolność określania wartości nieznanymi parametrów w celu samodzielnej realizacji zadania robota
- c) maszyna manipulacyjna realizująca zadane trajektorie, ustaloną procedurę sterowanych ruchów według instrukcji programowych specyfikujących żądane pozycje oraz żądaną prędkość ruchu,
- d) robot posiadający pamięć, do której wprowadzany jest program działania; nie ma możliwości zbierania informacji o środowisku zewnętrznym.

8. Programowanie robotów polega na:

- a) planowaniu czynności i parametrów, jakie kolejno powinien zrealizować robot w procesie manipulacji, wprowadzeniu ich do pamięci układu sterującego, testowaniu oraz uruchamianiu,
- b) określaniu parametrów położenia efektora końcowego w celu realizacji procesu manipulacji obiektem,
- c) kontrolowaniu stanu współpracujących urządzeń technologicznych w celu ich synchronizacji z procesem manipulacji realizowanym przez robot,
- d) sprawdzanie parametrów procesu manipulacji w celu zapewnienia bezawaryjnej pracy robota.

9. Programator ręczny jest to urządzenie przeznaczone do:

- a) programowania maszyn manipulacyjnych i robotów w trybie edycji,
- b) programowania maszyn manipulacyjnych i robotów w trybie uczenia,
- c) kontroli poprawności zapisanego programu,
- d) natychmiastowej ingerencji w program pracy maszyn manipulacyjnych i robotów w przypadku stanu zagrożenia poprawnej pracy.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Programowanie układów manipulacyjnych i robotów.

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Buda J., Kováč M.: Zastosowanie robotów przemysłowych. WNT, Warszawa 1979
2. Dźwiarek M.: Bezstykowe urządzenia ochronne. PAR 6/1998
3. Gawrysiak M.: Mechatronika i projektowanie mechatroniczne. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1997
4. Honczarenko J.: Roboty przemysłowe – elementy i zastosowanie. WNT, Warszawa 1996
5. Kordowicz-Sot A.: Automatyka i robotyka – robotyka. WSiP, Warszawa 1999
6. Morecki A., Knapczyk J.: Podstawy robotyki. WNT, Warszawa 1994
7. Morecki A.: Robotyka – kierunki prac badawczych i zastosowań na świecie i w Polsce. Robotyka, Nr 1/1986]
8. Olszewski M. [red.]: Manipulatory i roboty przemysłowe. WNT, Warszawa 1985
9. Schmid D., Baumann A., Kaufmann H., Paetzold H., Zippel B.: Mechatronika. REA, Warszawa 2002
10. Siemieniako F., Gawrysiak M.: Automatyka i robotyka. WSiP, Warszawa 1996
11. Tomaszewski K.: Roboty przemysłowe – projektowanie układów mechanicznych. WNT, Warszawa 1993