

1. Wprowadzenie – elementy składowe i struktura robotów przemysłowych, podstawowe definicje

Manipulator – urządzenie technologiczne naśladowujące manipulacyjne i wysięgowe ruchy ludzkiej ręki. Manipulatorami są teleoperatory powtarzające ruchy rąk operatora lub urządzenia dźwigowo-transportowe z bezpośrednim sterowaniem przez człowieka. *Manipulatorem automatycznym* nazywa się manipulator wykonujący złożone ruchy według stałego programu.

Robot przemysłowy lub **robot manipulacyjny** – urządzenie technologiczne przeznaczone do zastępowania człowieka przy wykonywaniu określonych czynności manipulacyjnych i przystosowane do realizacji różnych łatwo zmiennych programów ruchu manipulacyjno-transportowego (możliwość zastosowania tego samego urządzenia technologicznego do realizacji różnych funkcji w procesie produkcji).

Przyczyny stosowania robotów w przemyśle:

- ☐ powtarzalność procesu produkcji (utrzymanie stałych parametrów technologicznych),
- ☐ możliwość pracy przy operacjach technologicznych uciążliwych i niebezpiecznych dla człowieka (lakierowanie, spawanie),
- ☐ łatwość przeprogramowania - elastyczne systemy produkcyjne wyposażone w numerycznie sterowane maszyny i urządzenia technologiczne (stoły obrotowe, przenośniki taśmowe itp.) które pozwalają na wytwarzanie produktów w krótkich seriach lub kilku produktów jednocześnie.

Kamienie milowe robotyki:

- 1947 – opracowanie pierwszego teleoperatora z serwonapędem elektrycznym,
- 1949 – rozpoczęcie badań nad obrabiarkami sterowanymi numerycznie,
- 1954 – George Devol projektuje pierwszego programowalnego robota,
- 1956 – Joseph Engelberger (student fizyki na Uniwersytecie Columbia) kupuje prawa do robota Devol'a i zakłada firmę Unimation Company,
- 1961 – zainstalowanie pierwszego robota Unimate (do obsługi ciśnieniowej maszyny odlewniczej) w fabryce General Motors w Terton w stanie New Jersey,
- 1963 – opracowanie pierwszego systemu wizyjnego dla robota,
- 1971 – opracowanie robota Stanford Arm na Uniwersytecie Stanforda,

1975 – odnotowanie pierwszego zysku finansowego przez firmę Unimation Inc.,

1978 – opracowanie przez firmę Unimation Inc. robota PUMA,

1978 – opracowanie w Japonii robota SCARA.

Robotyka – dziedzina nauk technicznych zajmująca się teorią, budową oraz eksploatacją robotów przemysłowych. Powstała na bazie mechaniki klasycznej, mechaniki precyzyjnej, techniki napędu, teorii i techniki sterowania.

Ważniejsze działy współczesnej robotyki:

kinematyka manipulatorów, dynamika manipulatorów, planowanie ruchów, sterowanie robotów, systemy sensoryczne robotów, robotyka specjalistyczna (roboty mobilne, podwodne, inspekcyjne itp.), eksploatacja robotów, elastyczne systemy produkcyjne, ekonomiczne i socjologiczne aspekty robotyzacji.

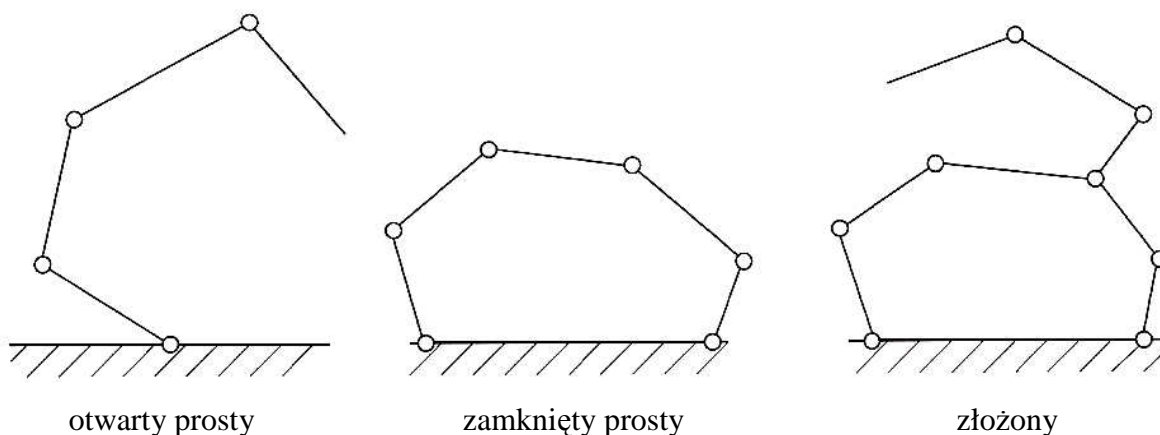
Elementy składowe robotów:

1. **Manipulator** jest złożony z szeregu ogniw połączonych złączami, które wspólnie tworzą łańcuch kinematyczny. Na jego końcu znajduje się efektor robota którym jest najczęściej chwytak lub odpowiednie narzędzie. Poszczególne złącza są napędzane zespołami napędowymi (tj. silnikami wraz z przekładniami lub siłownikami) które zapewniają ruchy efektora manipulatora w różnych kierunkach.
2. **Układ zasilania** zwykle wzmacniacze mocy (napęd elektryczny) lub kompresor z zespołem filtrów (napęd pneumatyczny lub hydrauliczny).
3. **System sensoryczny** dostarcza sterownikowi robota informacje o stanie manipulatora i jego otoczenia.
4. **Sterownik** realizuje następujące funkcje:
 - ☐ przechowuje w pamięci sekwencje danych dotyczących pożądaných ruchów manipulatora,
 - ☐ zbiera i przetwarza informacje z systemu sensorycznego,
 - ☐ inicjuje i koordynuje ruchy poszczególnych zespołów napędowych manipulatora,
 - ☐ komunikuje się z innymi podzespołami zrobotyzowanego stanowiska.

Mechanizm kinematyczny robota

Manipulator robota przemysłowego można być zamodelowany jako łańcuch sztywnych członów nazwanych ogniwami. Ogniw są połączone za pomocą złączy. Dwa ogniw manipulatora połączone złączem tworzą parę kinematyczną.

Łańcuchy kinematyczne dzieli się na trzy grupy:



W zależności od liczby więzów złącza wyróżnia się pięć klas połączeń członów, tzn. pary kinematyczne od I do V klasy (tab. 1).

Tab. 1. Oznaczenia par kinematycznych od III do V klasy

Klasa	Liczba węzłów	Liczba stopni swobody	Rodzaje ruchów pary kinematycznej	Oznaczenia
III	3	3	3 obrotowe	
			2 obrotowe 1 liniowy	
			2 liniowe 1 obrotowy	
IV	4	2	2 obrotowe	
			1 obrotowy 1 liniowy	
V	5	1	1 obrotowy	
			1 liniowy	

Ciało sztywne w przestrzeni ma sześć stopni swobody, punkt materialny trzy, układ n punktów materialnych $3n$.

W obecnie konstruowanych robotach przemysłowych znaczenie techniczne mają głównie połączenia członów V klasy, a więc złącza obrotowe i złącza przesuwne. Nie można wykluczyć jednak możliwości konstruowania i zastosowania w budowie manipulatora złącz pozostałych klas, szczególnie IV.

Mechanizm robota określają następujące parametry kinematyczne:

1. Liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego

$$w = 6n - \sum_{i=1}^5 ip_i ,$$

gdzie: n – liczba członów łańcucha kinematycznego, p_i – liczba złącz (par kinematycznych) o i -tej klasie, i – numer klasy odpowiadający liczbie więzów nałożonych przez połączenie między dwoma członami traktowanymi jako ciało sztywne.

2. Ruchliwość – to liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego mechanizmu z unieruchomionym członem – podstawą

$$r = w - 6 = 6(n - 1) - \sum_{i=1}^5 ip_i ,$$

$(n - 1)$ – liczba członów ruchomych. Podstawa manipulatora jest całkowicie pozbawiona stopni swobody.

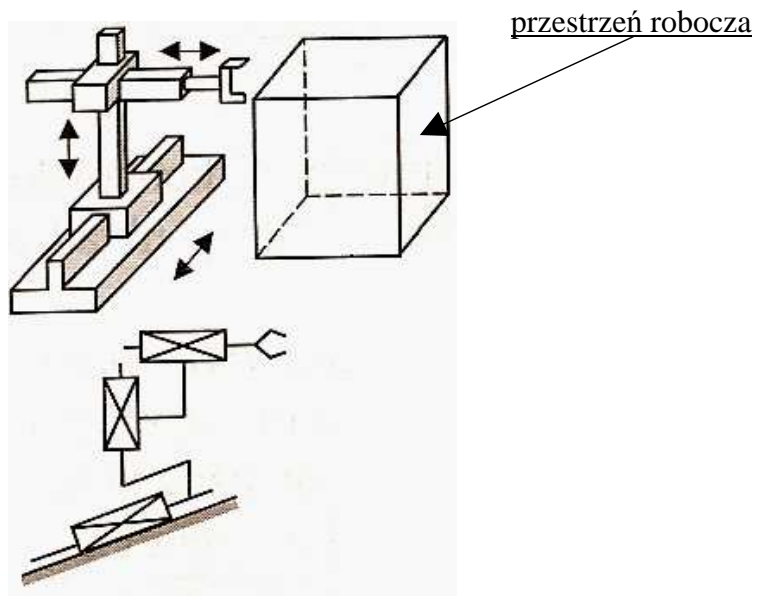
3. Manewrowość – to liczba stopni swobody łańcucha kinematycznego mechanizmu z unieruchomionymi: podstawą i ostatnim w łańcuchu członem kinematycznym

$$m = r - 6 = 6(n - 2) - \sum_{i=1}^5 ip_i .$$

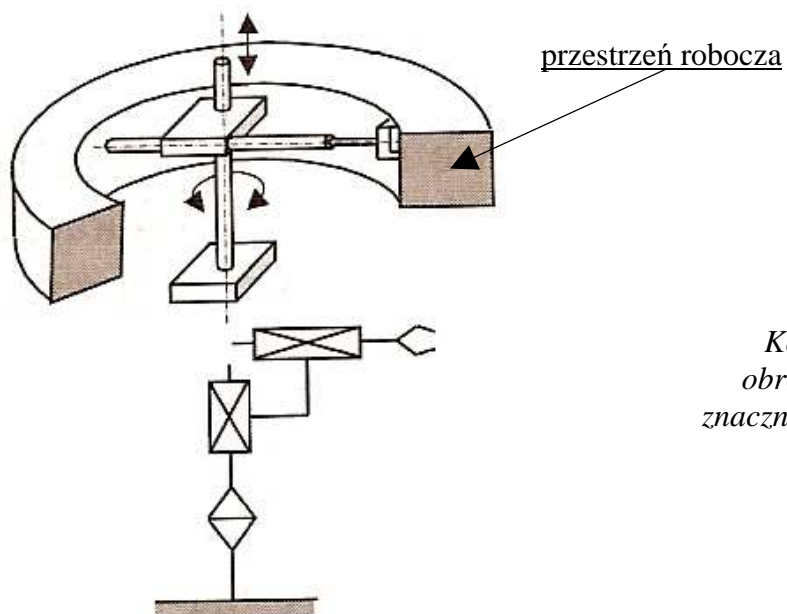
Współczesne roboty mogą mieć dużą liczbę stopni swobody. Rozbudowanie struktury kinematycznej robota powyżej sześciu stopni swobody jest rzadko spotykane. Uzasadnione może być jedynie wówczas, gdy chwytak operuje w ograniczonej trudno dostępnej przestrzeni (np. zgrzewanie karoserii samochodu).

Struktury i przestrzenie robocze robotów stacjonarnych o szeregowym układzie kinematycznym

1. Manipulator kartezyjański

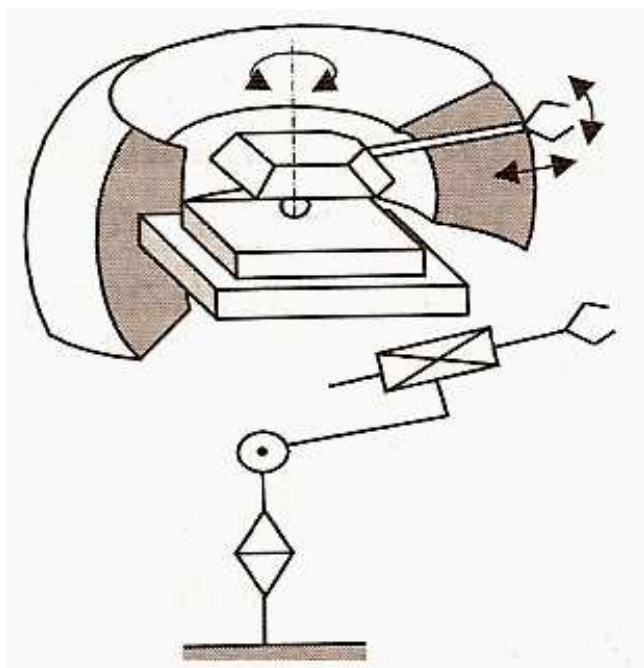


2. Manipulator cylindryczny

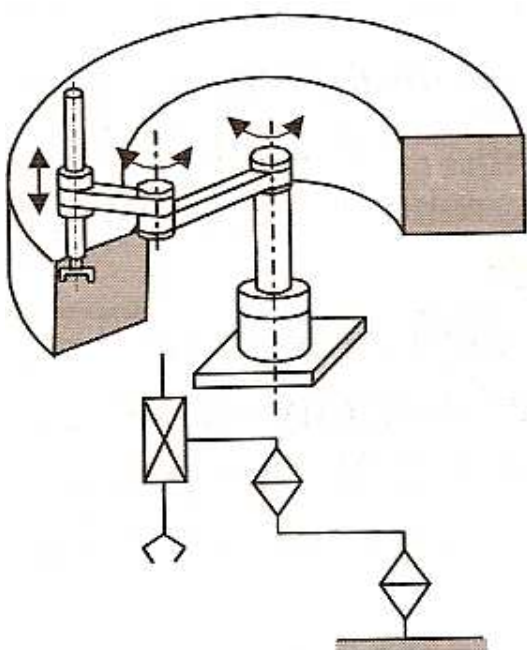


Kolumna wykonuje ruch obrotowy, ograniczony do znacznej części kąta pełnego.

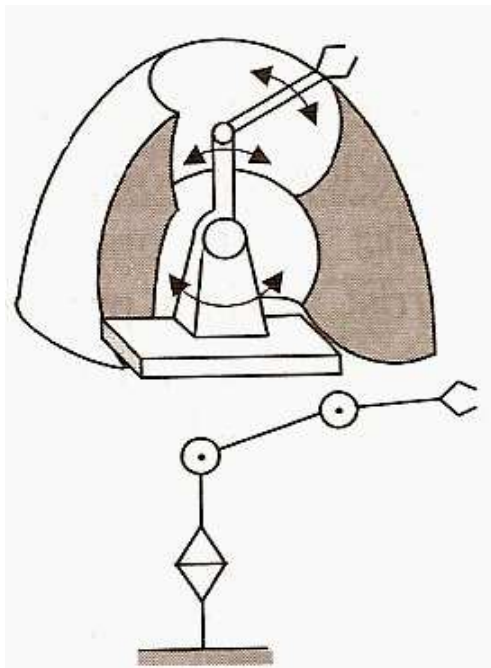
3. Manipulator sferyczny



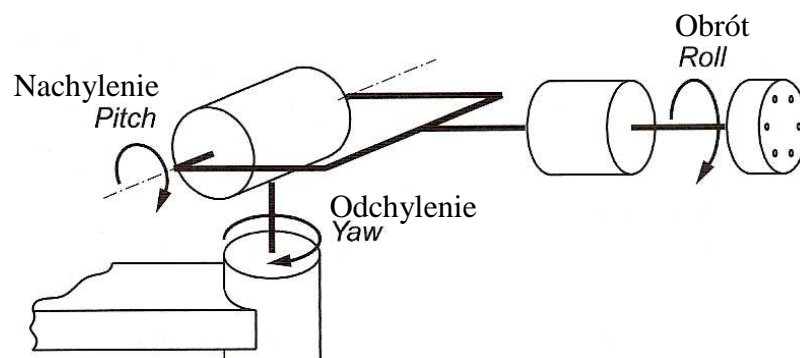
4. Manipulator typu SCARA



5. Manipulator stawowy (przegubowy)



Powyższa klasyfikacja uwzględnia jedynie główne osie manipulatora umożliwiające osiągnięcie przez końcówkę technologiczną wybranego punktu w przestrzeni roboczej. Zwykle na końcu ostatniego ogniwa umieszczana jest kiść wyposażona w dodatkowe zespoły napędowe pozwalają na uzyskanie dowolnej orientacji efektor.



Rys. Ruchy obrotowe kiści manipulatora

Przeguby (złącza) kiści są prawie zawsze obrotowe. Osie przegubów przecinają się w jednym punkcie. Kiść jest zakończona kołnierzem umożliwiającym przymocowanie efektor.

Ruchy manipulatora robota dzieli się na:

- ☐ ruchy lokalne (L), wykonywane przez kiść, realizujące działania chwytania i orientowania manipulowanego obiektu; odpowiadają ruchom dłoni człowieka,
- ☐ ruchy regionalne (R), wykonywane przez ramiona, realizujące podstawowe działania manipulacyjne przemieszczania obiektu manipulacji; odpowiadają ruchom rąk i skrętom tułowia człowieka,
- ☐ ruchy globalne (G), realizujące działanie lokomocyjne przemieszczania całej maszyny manipulacyjnej; odpowiadają ruchom lokomocyjnym całego ciała człowieka.

Robot przemysłowy Fanuc ARC Mate 100i

Liczba osi: 6

Udźwig: 6kg

Zasięg: 1368 mm

Powtarzalność: $\pm 0,1$ mm

Masa: 290 kg

Zakres ruchu:

Oś 1 330°

Oś 2 210°

Oś 3 299°

Oś 4 380°

Oś 5 280°

Oś 6 640°

Prędkości ruchów (maksymalne):

Oś 1 120 °/s - 2,09 rad/s

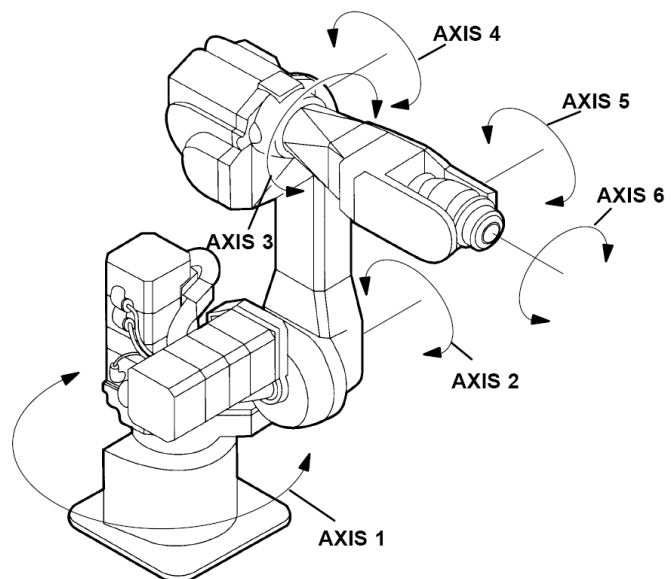
Oś 2 120 °/s - 2,09 rad/s

Oś 3 120 °/s - 2,09 rad/s

Oś 4 360 °/s - 6,28 rad/s

Oś 5 360 °/s - 6,28 rad/s

Oś 6 450 °/s - 7,85 rad/s



Robot przemysłowy Fanuc LR Mate 200iB

Liczba osi: 6

Udźwig: 5kg

Zasięg: 700 mm

Powtarzalność: $\pm 0,04$ mm

Masa: 45 kg

Zakres ruchu:

Oś 1 320°

Oś 2 185°

Oś 3 316°

Oś 4 380°

Oś 5 240°

Oś 6 720°

Prędkości ruchów (maksymalne):

Oś 1 180 °/s - 3,14 rad/s

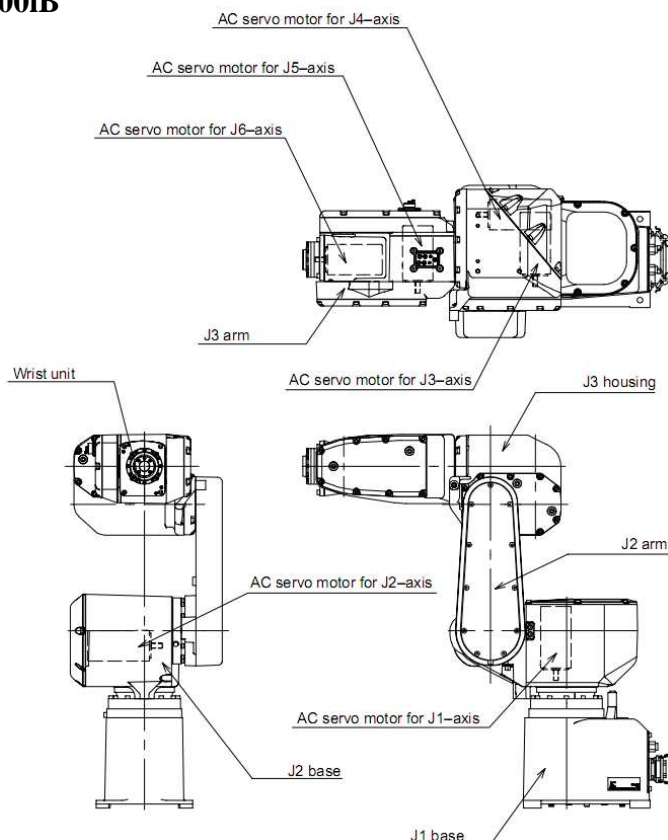
Oś 2 180 °/s - 3,14 rad/s

Oś 3 225 °/s - 3,93 rad/s

Oś 4 400 °/s - 6,98 rad/s

Oś 5 320 °/s - 5,76 rad/s

Oś 6 480 °/s - 8,38 rad/s



Literatura:

- [1] Craig J. J.: *Wprowadzenie do robotyki. Mechanika i sterowanie*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1995
- [2] Honczarenko J.: *Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowania*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2004
- [3] Jezierski E.: *Dynamika robotów*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2006
- [4] Spong M. W., Vidyasagar M.: *Dynamika i sterowanie robotów*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1997
- [5] FANUC Robot ARC Mate 100i Maintenance Manual Mechanical Unit, 1998
- [6] FANUC Robot Series Maintenance Manual Mechanical Unit LR Mate 200iB/ARC Mate 50iB
- [7] FANUC Robotics SYSTEM R-J2 Controller ArcTool Setup and Operations Manual, Version 4.40-1, 1998

Informacja o prawach autorskich

*O ile nie zaznaczono inaczej, rysunki i teksty pochodzą z pozycji podanych w literaturze.
Niniejsze opracowanie stanowi pomoc do wykładu „Podstawy Robotyki”.*