

Moduł 7

Układy sterowania numerycznego

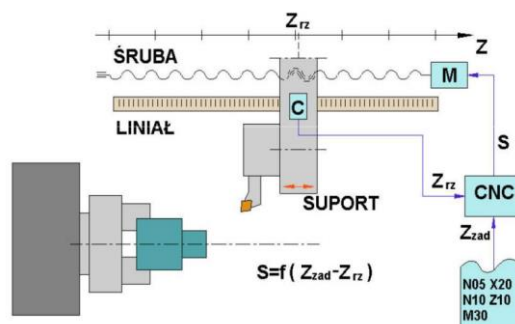
- 1. Podstawy techniki sterowania numerycznego**
- 2. Konstrukcja i zasady użytkowania maszyn sterowanych numerycznie**
- 3. Wprowadzenie do zagadnień robotyzacji procesów**
- 4. Bibliografia**

1. Podstawy techniki sterowania numerycznego

Pod pojęciem sterowanie obrabiarki należy rozumieć załączanie i wyłączanie poszczególnych napędów, zmianę prędkości wrzeciona i posuwu stołu, załączanie i wyłączanie urządzeń smarujących i chłodzących. Sterowanie numeryczne polega na sterowaniu obrabiarką wg programu zapisanego na nośniku informacji bez możliwości ingerencji i ewentualnej zmiany programu w trakcie realizacji.

Sterowanie to służy do stosowane jest do wytwarzania geometrycznie zdefiniowanych przedmiotów tzn. takich, które mogą być opisywane cyfrowo na podstawie rysunku technicznego lub modelu CAD, np. sterowaniem obrabiarek. Współcześnie dominują systemy sterowania komputerowego. Komputer przechowuje w pamięci program obróbczy, dokonuje analizy i obróbki wyników pomiarów przemieszczeń oraz parametrów ruchu zespołów napędowych i wypracowuje sygnały sterujące. Stosowane są systemy sterowania:

- CNC (z ang. *Computer Numerical Control*) – jeden komputer steruje jednym lub kilkoma urządzeniami,
- DNC (z ang. *Direct Numerical Control*) – jeden komputer steruje pracą wielu (do kilkudziesięciu) urządzeń.



Rys. 7.1. Zasada sterowania numerycznego

[[http://m65.pk.edu.pl/public/UE/2010-](http://m65.pk.edu.pl/public/UE/2010-11/wyklady/STEROWANIE%20NUMERYCZNE%20MASZYN%20TECHNOLOGICZNYCH.pdf)

[11/wyklady/STEROWANIE%20NUMERYCZNE%20MASZYN%20TECHNOLOGICZNYCH.pdf](http://m65.pk.edu.pl/public/UE/2010-11/wyklady/STEROWANIE%20NUMERYCZNE%20MASZYN%20TECHNOLOGICZNYCH.pdf)]

W obrabiarkach sterowanych numerycznie występują zespoły sterująco-napędowe oraz urządzenia wytwarzające sygnały sterujące. Sterowanie numeryczne jest układem automatycznej regulacji programowej, pracującym w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego.

Przez program sterujący w układach CNC rozumie się zatem plan zamierzonej pracy obrabiarki, mającej na celu wykonanie przedmiotu o żądanych kształtach, wymiarach i chropowatości powierzchni.

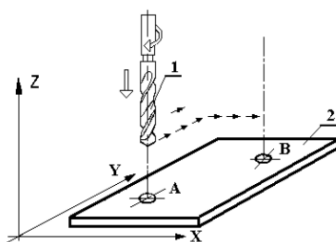
Program sterujący rozkodowywany jest w układzie CNC i wykorzystywany do zespołów napędowych przemieszczających narzędzie robocze w osiach: z – posuw wzdłużny oraz x – posuw poprzeczny. Położenie suportów (wartość rzeczywista) mierzone jest za pomocą układów pomiarowych. W przypadku wystąpienia różnicy pomiędzy położeniem zadaniem przez interpolator, a położeniem odczytanym z urządzeń pomiarowych zespół napędowy określonej osi zaczyna działać i przemieszcza odpowiedni suport aż do uzyskania odpowiedniego położenia. W przypadku osiągnięcia położenia zadanego następuje zatrzymanie posuwu. Układy napędowe stosowane w CNC pracują w układzie automatycznej regulacji – zwane są serwomechanizmami lub serwonapędami. Z działaniem serwonapędów związany jest parametr nazywany uchybem nadążania.

Uchyb nadążania jest to opóźnienie przyjmowania określonego położenia przez stół lub suport obrabiarki w stosunku do zadanego położenia. Dla określonej obrabiarki uchyb nadążania nie powinien przekraczać wartości dopuszczalnych, czyli tolerancji wymiarowej oraz był jednakowy we wszystkich osiach.

Do zmiany położenia narzędzia względem przedmiotu obrabianego stosowane są następujące systemy sterowania:

- punktowego,
- odcinkowego,
- kształtowego.

Sterowanie punktowe polega na przemieszczeniu narzędzia z punktu A do punktu B bez określania kształtu toru, po którym ma nastąpić przemieszczenie oraz parametrów ruchu. Najczęściej stosowane jest w układach sterowania wiertarek współrzędnościowych.

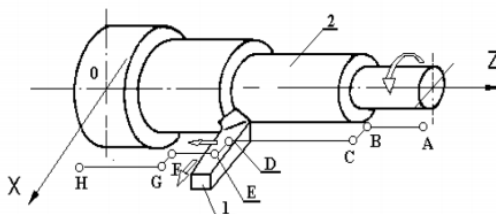


Rys. 7.2. Zasada sterowania punktowego:

1. narzędzie, 2. przedmiot obrabiany

[<http://zzsw.zut.edu.pl/download/AB/Systemy%20CNC%20-%20materialy%20do%20wykladow.pdf>]

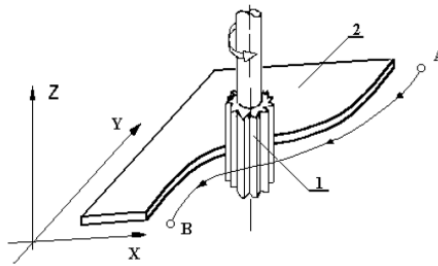
Sterowanie odcinkowe polega na przemieszczaniu narzędzia wzdłuż odcinków linii prostych równoległych do osi współrzędnych obrabiarki (np. toczenie wałków stopniowych).



Rys. 7.3. Zasada sterowania odcinkowego: 1. narzędzie, 2. przedmiot obrabiany

[<http://zzsw.zut.edu.pl/download/AB/Systemy%20CNC%20-%20materialy%20do%20wykladow.pdf>]

Sterowanie kształtowe polega na sterowaniu jednocześnie kilkoma serwonapędami ruchów posuwowych. W wyniku złożenia ruchów można programować tor narzędzia składający się z odcinków prostych dowolnie położonych w układzie współrzędnych oraz z łuków kołowych i okręgów.

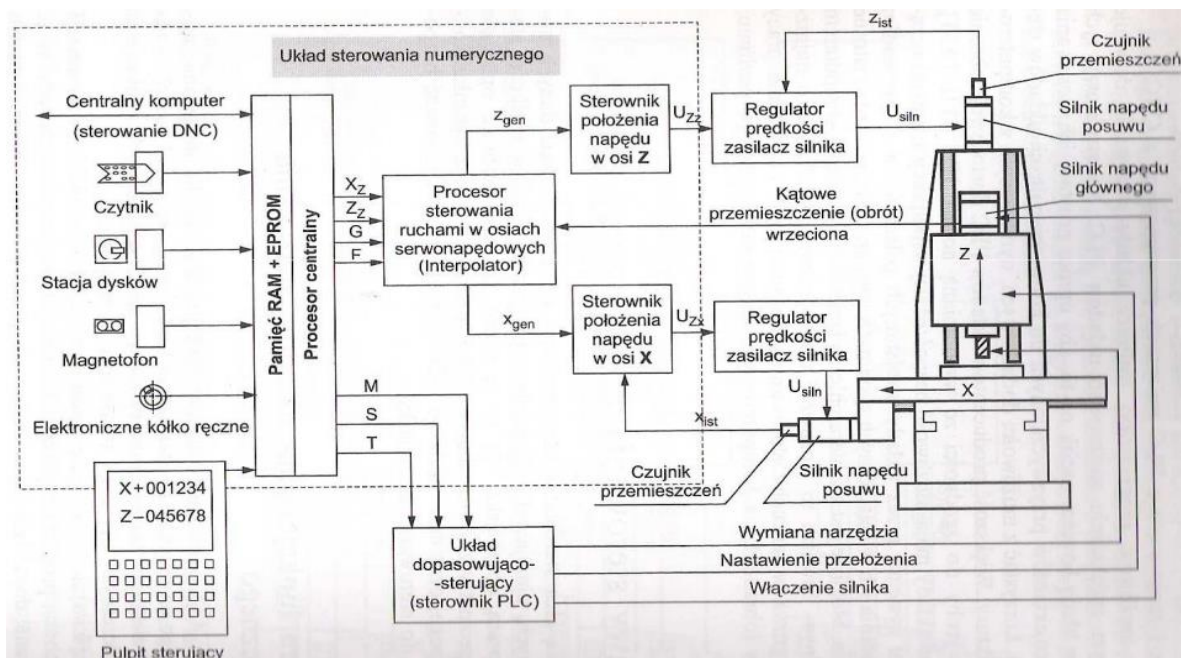


Rys. 7.4. Zasada sterowania kształtowego:

1. narzędzie, 2. przedmiot obrabiany

[<http://zzsw.zut.edu.pl/download/AB/Systemy%20CNC%20-%20materiały%20do%20wykładów.pdf>]

W przypadku sterowania kształtowego w układzie sterowania występuje tzw. interpolator – urządzenie obliczające współrzędne punktów pośrednich toru narzędzia leżących pomiędzy punktami określonymi w programie pracy obrabiarki.



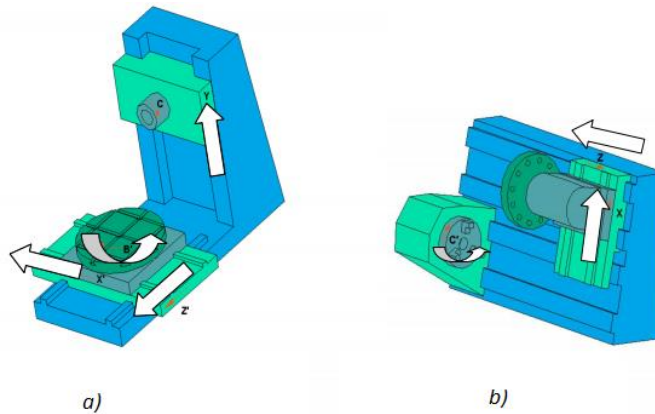
Rys. 7.5. Przykład systemu sterowania numerycznego obrabiarki

[[http://m65.pk.edu.pl/public/UE/2010-](http://m65.pk.edu.pl/public/UE/2010-11/wyklady/STEROWANIE%20NUMERYCZNE%20MASZYN%20TECHNOLOGICZNYCH.pdf)

11/wyklady/STEROWANIE%20NUMERYCZNE%20MASZYN%20TECHNOLOGICZNYCH.pdf]

2. Konstrukcja i zasady użytkowania maszyn sterowanych numerycznie

W celu wykonania obróbki za pomocą obrabiarki sterowanej numerycznie konieczne jest sterowanie kilku osi obrabiarki. Na rysunku 7.6. przedstawiono osie frezarki oraz tokarki.



Rys. 7.6. Osie obrabiarek: a) frezarki, b) tokarki
[„PROGRAMOWANIE OBRABIAREK CNC NA PRZYKŁADZIE UKŁADU STEROWANIA SINUMERIK 810D/840D” instrukcja obsługi.]

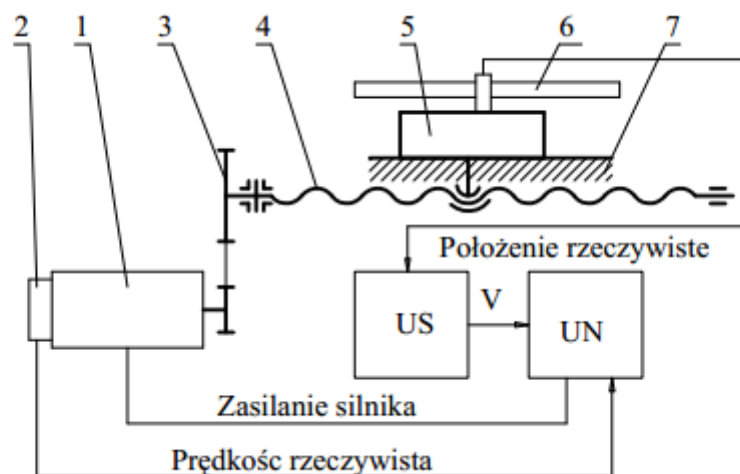
Poza ruchami wzdłuż osi X Y Z stosowane są ruchy obrotowe wokół tych osi realizowane przez wrzeciennik suport czy stół oznaczamy jest literami A, B, C.

Podczas obróbki sanie narzędziowe i stół z przedmiotem obrabianym przemieszczają się w założonych kierunkach. Urządzeniom tym stawia się wysokie wymagania zmierzające do uzyskania dużej dokładności i powtarzalności w krótkim czasie obróbki. Ruchy poszczególnych osi realizowane są dzięki zastosowaniu serwonapędów.

Zadaniem układów sterująco-napędowych jest nadawanie tym zespołom położeń zgodnych z sygnałami sterującymi wynikającymi z programu działania obrabiarki.

Zespoły napędowe obrabiarek CNC wykonywane są jako serwonapędy. Składają się z następujących części:

- serwomotoru (silnika prądu stałego lub przemiennego, silnika krokowego lub silnika hydraulicznego),
- przekładni (bezluzowa przekładnia zębata, przekładnia cięgnowa z pasem uzębionym, przekładnia śrubowo-toczna),
- układu pomiarowego położenia oraz prędkości obrotowej.



Rys. 7.7. Schemat ideowy układu napędowego obrabiarki sterowanej numerycznie.

1 – silnik serwonapędowy, 2 układ pomiaru prędkości silnika, 3 – przekładnia pasowa zębata, 4 – śruba kulowa, 5 – stół obrabiarki, 6 – linia pomiarowa położenia, 7 – prowadzenie obrabiarki, US – układ sterowania, UN – układ napędowy.

[http://www.zmt.mt.put.poznan.pl/old/CNC/Maszyny%20CNC/2_Badania_symulacyjne_napedow_OSN.pdf]

Silnik serwonapędowy 1 poprzez przekładnię pasową zębatą 3 i napędza śrubę pociągową kulową 4, a ta z kolei zamienia ruch obrotowy śruby na ruch posuwowy stołu obrabiarki 5. W czasie pracy obrabiarki mierzona jest aktualna prędkość obrotowa silnika czujnikiem 2 oraz położenie rzeczywiste układem pomiarowym 6.

W nowoczesnych obrabiarkach sterowanych numerycznie dokonuje się kontroli wielu parametrów związanych z narzędziem, przebiegiem procesu obróbki oraz stanu obrabiarki i zebrane w ten sposób informacje wykorzystywane są do zagwarantowania optymalnego przebiegu procesu (rys. 76). Automatyzacja zespołów konstrukcyjnych obrabiarek i całych maszyn wymaga skutecznej kontroli i nadzorowania prawidłowości działania poszczególnych elementów i podzespołów obrabiarki poprawy dokładności obróbki, uniknięcia awarii. Współczesne układy sterowania CNC są bardzo niezawodne, szybkie i precyzyjne.

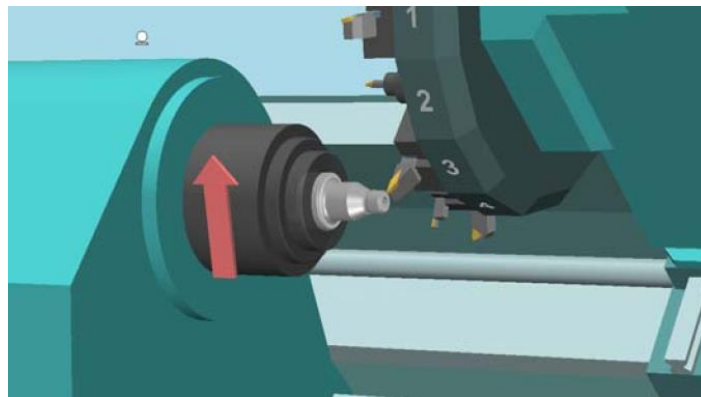
Wraz z rozwojem układów sterowania numerycznego istnieje konieczność dostarczania coraz większej ilości informacji o prawidłowości działania obrabiarki i poprawności realizowanego procesu. Uzyskuje się to dzięki diagnostyce i nadzorowaniu pojedynczych obrabiarek i całych systemów obróbkowych. diagnostyka obrabiarek CNC obejmuje układy sterowania mechanizmami maszyn, urządzenia pomocnicze, oprogramowania i wreszcie narzędzia i proces obróbki. Kontroli podlegają następujące grupy parametrów:

- określające gotowość obrabiarki do pracy, takie jak: wyłącznik sygnalizujący zamknięcie osłony zabezpieczającej, sensor sygnalizujący obecność przedmiotu obrabianego lub sensor sygnalizujący zadziałanie urządzeń mocujących,
- nadzorujące stan maszyny: dokładność pozycjonowania, temperaturę czy odkształcenia geometrii, geometrię i położenie przedmiotu obrabianego, drgania,
- nadzorujące prawidłowość procesu: siły skrawania, siły posuwowe, moment na wrzecionie; nadzorujące stan narzędzi (zużycie i wykruszenie).

- kontrolujące stan łożysk wrzecion, łożysk wałków, przekładni zębatych i pasowych, napędów posuwów i obrotów oraz wielkości kinematyczne, geometryczne i inne mechanizmy.

Przyczyną wielu nieprawidłowości w procesie obróbki mogą być błędy w programach technologicznych. Błędy programowania powinny być wykryte i usunięte przed rozpoczęciem obróbki. Dobre efekty diagnostyczne zapewnia symulacja ruchów zespołów oparta o zamodelowanie uchwytów, przedmiotu, narzędzi i wzajemnych ruchów, wynikających z programu technologicznego. Można więc w ten sposób nie tylko diagnozować błędy programów, ale również kolizje.

Kolizjom związanym z nieprawidłowościami narzędzi i przedmiotów można zapobiegać przez automatyczną symulację w układzie sterowania CNC torów narzędzi w przestrzeni roboczej obrabiarki, z uwzględnieniem ich aktualnych wymiarów i wymiarów przedmiotów. Układ do diagnozowania kolizji korzysta oprócz programu CAD i danych technologicznych, z odpowiednich sygnałów pomiarowych: pomiarów przedmiotu dokonywanych każdorazowo po jego zamocowaniu i pomiarów narzędzia wprowadzonego do obróbki. Możliwość wystąpienia kolizji jest sygnalizowana na ekranie monitora, układ zaś nadzorowania zapobiega jej wystąpieniu (rys. 7.8).



Rys.7.8. Obraz symulacji procesu toczenia [www.mts-cnc.com.pl]

Diagnozowanie gotowości systemu do rozpoczęcia pracy stanowi podstawę uruchomienia cyklu pracy i obejmuje sprawdzenia:

- czy poszczególne zespoły zajmują prawidłowe położenia,
- czy spełnione są warunki zadziałania poszczególnych składników;
- czy prawidłowo zadziałały podstawowe mechanizmy, np. mocowania przedmiotu i narzędzia, blokowania i odblokowania poszczególnych mechanizmów i inne;
- czy jest narzędzie i przedmiot.

Układy CNC podejmują zaprogramowane działania, gdy spełnione są określone warunki. Niespełnienie któregoś z nich jest sygnalizowane przez układ sterowania co najmniej na monitorze, co stanowi podstawę postępowania operatora zmierzającego do usunięcia niesprawności. Przy bardzo dobrze zorganizowanej diagnostyce na monitorze pojawi się dokładny opis niesprawności, jej lokalizacja i objaśnienie sposobu usuwania.

Sterowanie pracą obrabiarki obejmuje następujące czynności:

- przemieszczenie suportu wzdłużnego i poprzecznego,
- ustawienie prędkości posuwów roboczych i ruchów ustawczych,
- ustawienie prędkości obrotowej wrzeciona,

- wybór narzędzi (wybór położenia głowicy rewolwerowej),
- zatrzymanie obrabiarki po zakończeniu procesu obróbki.

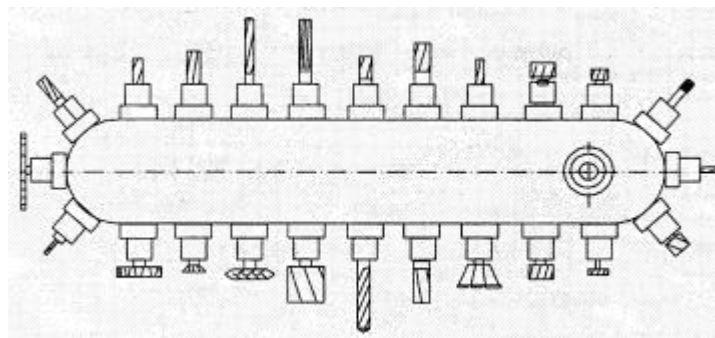
Urządzenia wymiany narzędzi

Obrabiarki CNC wyposażone są systemy wymiany narzędzi. W zależności od typu obrabiarki w magazynie narzędziowym lub głowicy narzędziowej może znajdować się różna ilość narzędzi, które będą wykorzystywane w zaprogramowanym procesie obróbki. W tokarkach są stosowane głowice rewolwerowe, w której wywołanie i przygotowanie narzędzia do obróbki odbywa się przez jej obrót. Głowice rewolwerowe zawierają od 8 do 16 miejsc na narzędzia. Wygląd standardowej głowicy rewolwerowej przedstawia rysunek 7.9.



Rys. 7.9. Widok głowicy rewolwerowej tokarki CNC [System ZERO-OSN]

Obrabiarki bardziej rozbudowane posiadają kilka głowic rewolwerowych lub magazyny narzędzi o pojemności nawet kilkudziesięciu narzędzi.



Rys. 7.10. Schemat magazynu bębnowego narzędzi obrabiarki CNC
[Praca zbiorowa; *Podstawy obróbki CNC*, Wydawnictwo REA s.j. 2008]

Zalety obrabiarek sterowanych numerycznie:

- bezstopniowa regulacja prędkości obrotowej i posuwów,
- osiąganie znacznych parametrów obróbki,
- obróbka z wykorzystaniem wielu wrzecion i suportów narzędziowych,

- złożona kinematyka umożliwiająca programowanie różnych ruchów roboczych narzędzi: uchylnie głowice narzędziowe, stoły obrotowo uchylnie, obróbka pięcio-osiowa,
- magazyny narzędziowe z automatyczną wymianą narzędzia,
- automatyczny pomiar przedmiotu obrabianego,
- automatyczna wymiana narzędzia itp.



Rys. 7.11. Widok tokarki CNC

[http://www.apx.pl/pl/obrabiarki/obrabiarki/tokarskie_centra_obrobcze/tokarki_poziome/firmy_goodway/centrum_tokarskie_o,p604626044]



Rys. 7.12. Widok frezarki CNC [<http://alejka.pl/frezarka-cnc-niemieckiej-firmy-maho.html>]

3. 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:

- manipulatory,
- 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 [Heimann B., *Mechatronika*. PWN, Warszawa, 2001]. 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,
- możliwość wykonywania ruchów po różnych torach.

Struktura funkcjonalna układów manipulacyjnych i robotów

W skład każdego robota przemysłowego wchodzi następujące układy:

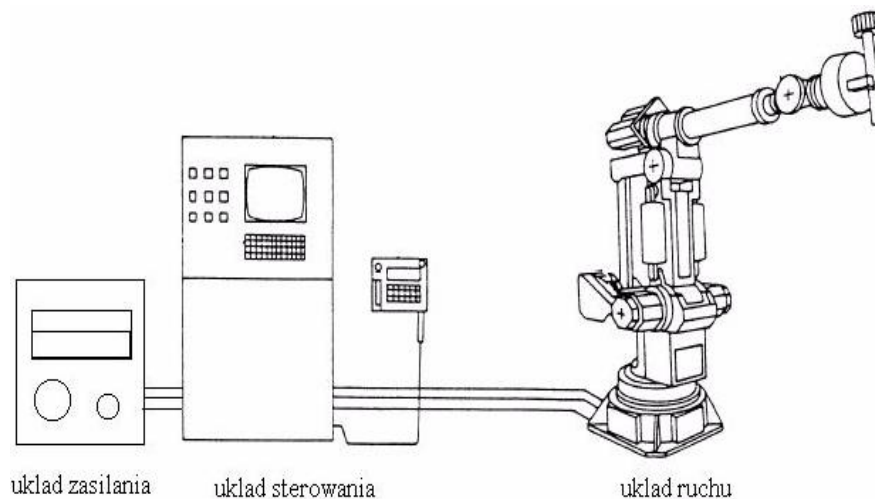
- układ zasilania,
- układ sterowania,

- układ ruchu (jednostka kinematyczna) – rys. 7.13.,

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 przekaźnikowe (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).



Rys. 7.13. Struktura funkcjonalna robota przemysłowego
[Kordowicz-Sot A.: *Automatyka i robotyka – robotyka*. WSiP, Warszawa 1999]

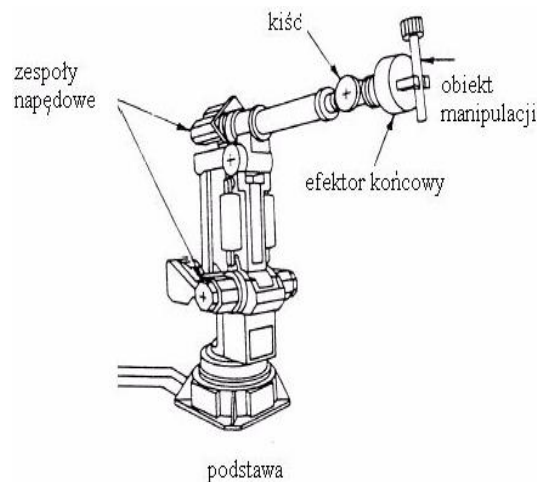
Często spotykane jest mieszane zasilanie robotów, np. energią elektryczną i pneumatyczną lub energią elektryczną i hydrauliczną.

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

- położen 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 położen 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 wprawiających w ruch odpowiednie człony układu kinematycznego oraz sensorów umożliwiających pomiary pozycji poszczególnych członów (rys. 7.14).

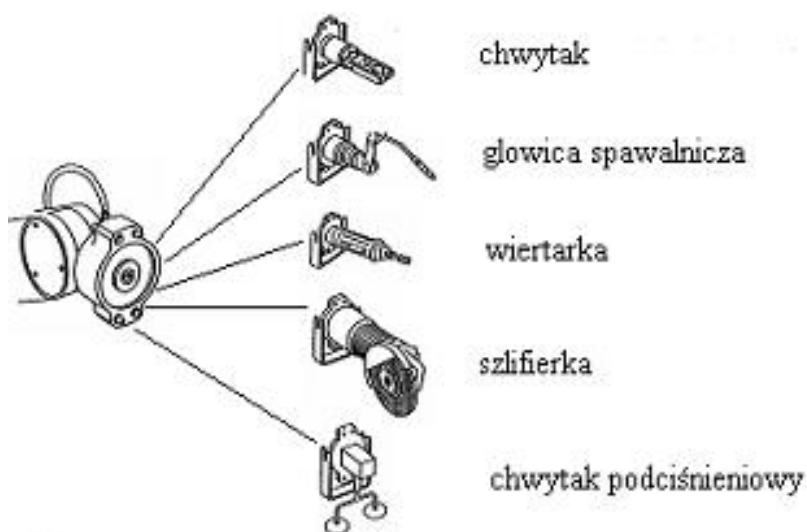


Rys. 7.14. Budowa układu ruchu robota przemysłowego
[Kordowicz-Sot A.: *Automatyka i robotyka – robotyka*. WSiP, Warszawa 1999]

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 robot.

Szczególne miejsce wśród wymienionych powyżej zespołów układu ruchu stanowią efektory (chwytaaki). Efektory traktowane muszą być jako urządzenia specjalne dokonstruowywane do robota.



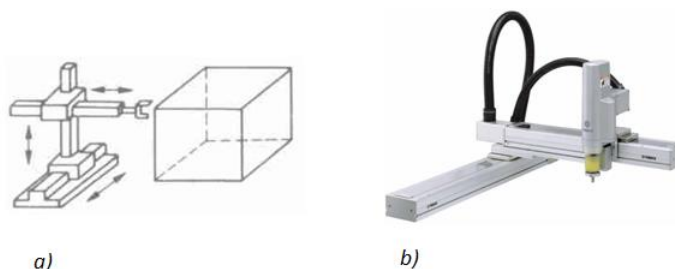
Rys. 7.15. Przykłady efektorów [opracowanie własne]

Jedną z cech charakteryzujących roboty przemysłowe jest ich struktura kinematyczna – czyli rozmieszczenie elementów składowych robota wraz z przedstawieniem współzależności między tymi elementami dla danego układu. Stosowane są roboty o strukturach:

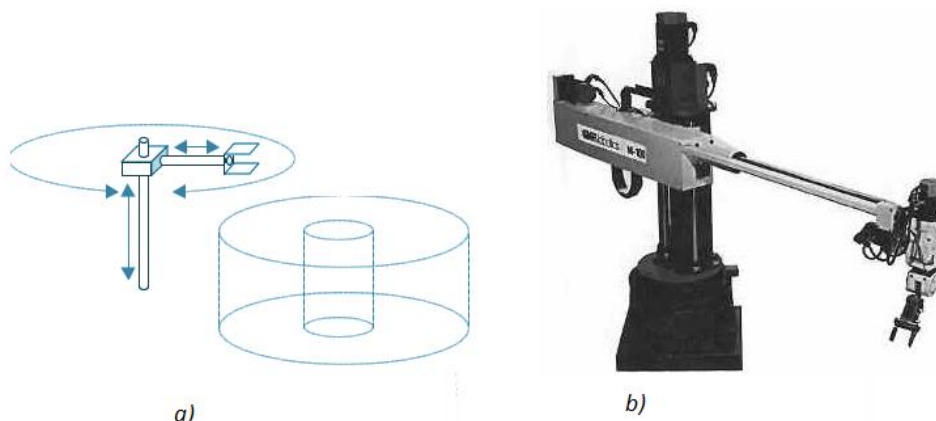
- kartezjańskiej,
- cylindrycznej,
- SCARA,
- sferycznej,
- antropomorficznej,
- równoległej.

Roboty kartezjańskie (rys. 7.16), nazywane również 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.

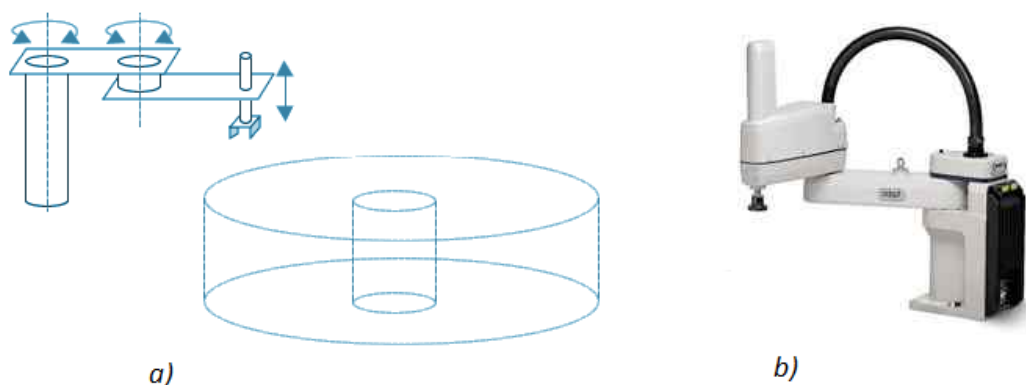


Rys. 7. 16. Robot o strukturze kinematycznej kartezjańskiej; a) schemat konstrukcyjny i przestrzeń robocza [http://www.old.imnipe.pwr.wroc.pl/lab_lap/roboty.htm], b) widok robota [http://www.automationstechnik.pl/?sub=oferta_firmy&id=20&t_id=2]



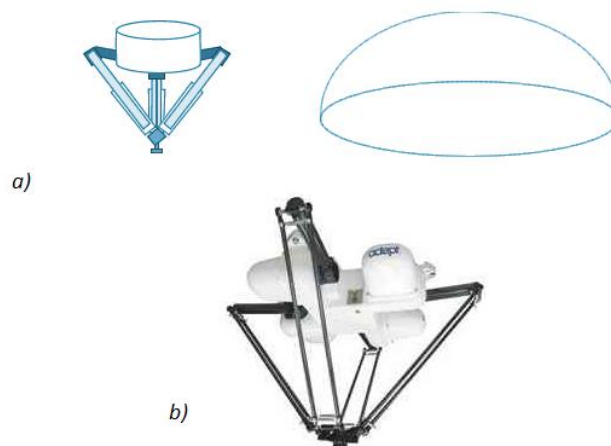
Rys. 7. 17. Robot o strukturze kinematycznej cylindrycznej: a) schemat konstrukcyjny i przestrzeń robocza, b) widok robota
[<http://www.asimo.pl/teoria/roboty-przemyslowe.php>]

Przestrzeń robocza **robotów cylindrycznych** (rys. 7.17) ma kształt wydrążonego cylindra, 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.



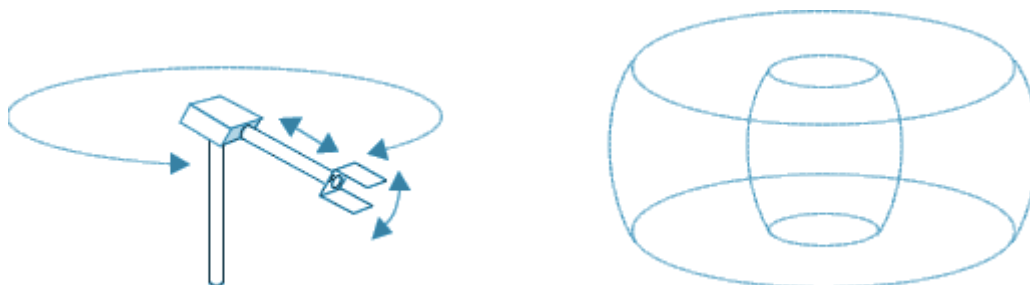
Rys. 7. 18. Robot o strukturze kinematycznej SCARA: a) schemat konstrukcyjny i przestrzeń robocza, b) widok robota.
[<http://www.asimo.pl/teoria/roboty-przemyslowe.php>]

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 robotów SCARA są: wkładanie elementów w płytki obwodów drukowanych, montaż małych urządzeń elektromechanicznych, montowanie napędów dysków w komputerach (rys. 7.18).



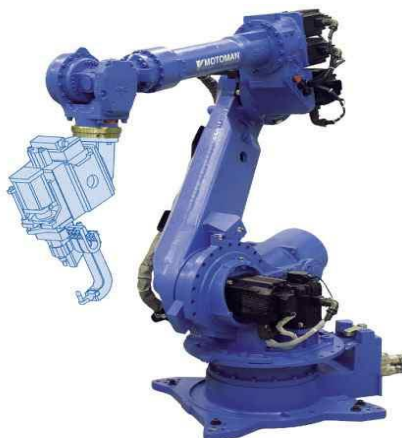
Rys. 7. 19. Robot o strukturze kinematycznej równoległej: a) schemat konstrukcyjny i przestrzeń robocza, b) widok robota
[<http://www.asimo.pl/teoria/roboty-przemyslowe.php>]

Istnieją również **roboty równoległe** o zamkniętym łańcuchu kinematycznym. Zasada działania tego typu robotów opiera się na odpowiednio zaprojektowanych ramionach robota. Użycie tych ramion pozwala ustawić pozycję i orientację ruchomej platformy. Takie roboty posiadają 3 ramiona. Ruchoma platforma jest wyposażona w efektor który posiada dodatkowy stopień swobody umożliwiający np. obrót. (rys. 7.19). Przykładem zastosowania tych robotów jest przenoszenie i odpowiednie ustawienie ciężkiego mikroskopu używanego do przeprowadzania skomplikowanych operacji chirurgicznych.



Rys. 7. 20. Robot o strukturze kinematycznej sferycznej – schemat konstrukcyjny i przestrzeń robocza
[<http://www.asimo.pl/teoria/roboty-przemyslowe.php>]

Roboty sferyczne (rys. 7.20) charakteryzują się dużą przestrzenią roboczą przy stosunkowo niewielkiej jednostce mechanicznej. Ruchy robota nie są płynne, co jest powodem obniżenia ich szybkości i dokładności.

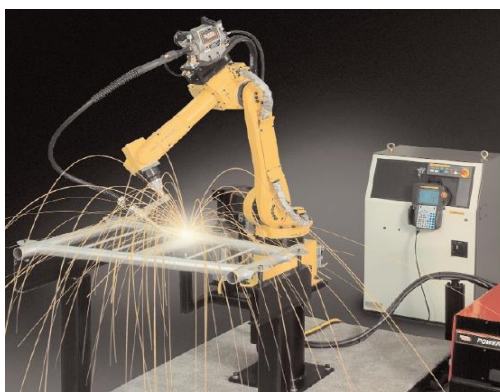


Rys. 7. 21. Robot o strukturze kinematycznej antropomorficznej
http://www.rywal.com.pl/katalog_produkow/index.php?grupa=d69b&podgrupa=2410&producenci=0

Roboty antropomorficzne (rys. 7.21) 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.

Obszary stosowania robotów.

Roboty spawalnicze – jest to jedno z najpowszechniejszych zastosowań robotów w przemyśle. Pod pojęciem robotów spawalniczych należy rozumieć szereg różnych robotów stosowanych do spawania, zgrzewania, lutowania, stosowanych najczęściej w przemyśle samochodowym i elektronicznym.



Rys. 7. 22. Robot spawalniczy [www.robotyka.pl: teoria robotyki]

Ważnym obszarem wykorzystania robotów w przemyśle motoryzacyjnym jest proces technologiczny zgrzewania karoserii samochodów zilustrowany na rys. 7.22.



Rys. 7.23. Zrobotyzowana linia zgrzewania karoserii samochodowych
[Biuletyn automatyki nr 3/2004; Astor]

Roboty malarskie (rys. 7.24)

Innym zastosowaniem robotów w przemyśle jest natryskowe malowanie wyrobów. Powtarzalność i szybkość pracy robotów pozwala uzyskać prawie doskonałe pokrycie malowanego materiału. Dodatkowym powodem stosowania robotów przy malowaniu natryskowym jest eliminacja szkodliwości stosowanych substancji dla człowieka. Roboty są zabezpieczone przed skutkami działania nieprzyjawnego środowiska.



Rys. 7.24. Robot malarski. [www.robotyka.pl: teoria robotyki]

Roboty montażowe

Z analizy rozwoju robotyki wynika, iż w przyszłości największym obszarem zastosowań robotów będą prace montażowe. Prace te ze względu na dokładność i powtarzalność czynności są idealne do robotyzacji i dlatego też większość obecnie produkowanych urządzeń jest montowana automatycznie lub półautomatycznie.

Należy wspomnieć, iż procesowi montażu mogą podlegać różnego rodzaju operacje technologiczne, od mało skomplikowanych (np. zakręcanie nakrętki na śrubie) do bardzo skomplikowanych (operacje montażu układów elektronicznych).



Rys. 7.25. Robot paletyzujący [www.fanuc.pl Karty katalogowe robotów]

Roboty paletyzujące (rys. 7.25)

Częstym zadaniem robotów jest paletyzowanie wyrobów. Duży wysięg ramienia robota, odpowiednio duża prędkość przemieszczania i udźwig są pożądanymi cechami dla procesu paletyzowania.

Roboty stosowane do obróbki materiałów

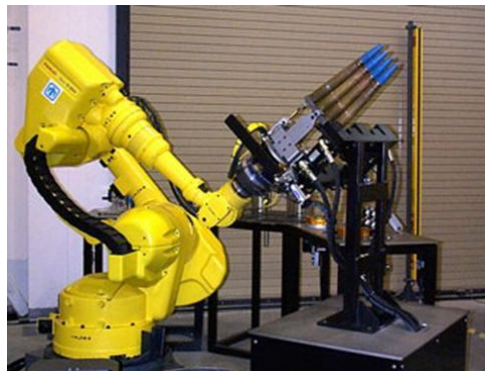
Roboty są wykorzystywane do operacji obróbki materiałów, np. obróbka skrawaniem. Ciekawym przykładem może być zastosowanie robotów do cięcia przy pomocy wody pod wysokim ciśnieniem. Taki sposób wykorzystania robotów umożliwia bardzo precyzyjną obróbkę nawet bardzo skomplikowanych operacji technologicznych. Na rys. 7.26 przedstawiony jest robot do obróbki krawędzi produkowanych elementów.



Rys. 7.26. Robot do obróbki [www.robotyka.pl: teoria robotyki]

Roboty do utylizacji i zabezpieczania odpadów

Ważnym zastosowaniem robotów jest utylizacja i zabezpieczanie odpadów przemysłowych i militarnych. Przykładem takiego zastosowania może być np. rozbieranie amunicji (rys. 7.27). Roboty mogą być także wykorzystywane do zabezpieczania i utylizacji substancji radioaktywnych.

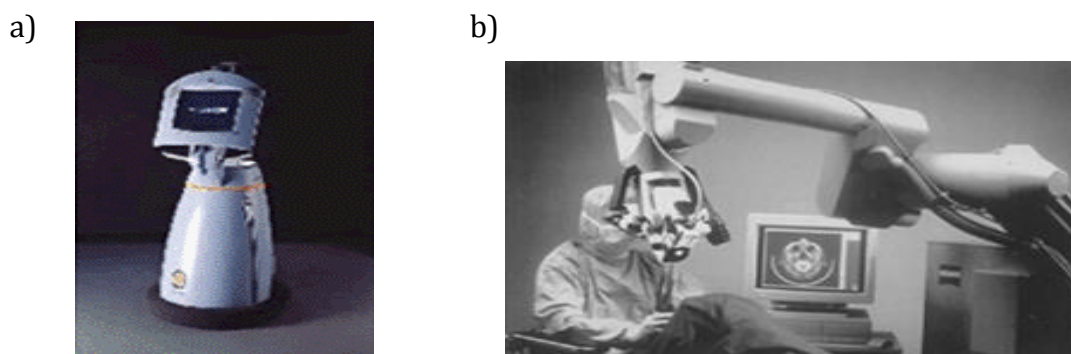


Rys. 7.27. Robot do rozbierania amunicji [www.robotyka.pl: teoria robotyki]

Roboty usługowe

Szeroko pojęta dziedzina usług jest kolejnym obszarem gdzie mogą być z powodzeniem stosowane roboty. Obecnie trwają prace nad robotami mającymi zastąpić ludzi w wielu dziedzinach, jak na razie są to raczej ciekawostki niż roboty użytkowe. Głównym problemem przy budowie takiego robota jest stworzenie oprogramowania, które zapewniałoby poprawną interakcję z otoczeniem. Wykonują usługi użyteczne dla

dobrych ludzi oraz sprzętu, wyłączają operacje przemysłowe. Przez usługi dla ludzi rozumie się działanie robotów na rzecz zapewniania bezpieczeństwa ludzi oraz dostarczanie rozrywki, natomiast usługi użyteczne dla sprzętu rozumiane są tu jako serwisowanie, dokonywanie napraw oraz czyszczenie. Innym przeznaczeniem tego typu robotów jest pełnienie dodatkowych autonomicznych funkcji takich jak inspekcja, transportowanie oraz pozyskiwanie danych. Pierwszym przykładem zilustrowanym na rys. 7.28a jest robot, który pomaga w utrzymaniu niezależności ludzi starszych, którzy mają problemy z samodzielnym poruszaniem się po pomieszczeniach.



Rys. 7.28. Roboty usługowe: a) pomagający ludziom w przemieszczaniu się, b) robot medyczny
[www.robotyka.pl: teoria robotyki]

Przedstawiony na rys. 7.28b robot medyczny posiada manipulator o 6 stopniach swobody oraz układ sterowania współpracujący ze stacją graficzną do wykonywania wizualizacji i programowania. Może on między innymi przenosić mikroskop chirurgiczny, a jego ruchy mogą być wcześniej zaprogramowane lub sterowane ręcznie za pomocą odpowiedniego urządzenia lub głosu.

Innym przykładem robota usługowego jest robot wykonujący operacje tankowania paliwa. rys. 7.29a. Kierowca wprowadza kartę, kod PIN oraz szczegóły dotyczące zamówienia. Robot lokalizuje samochód, odchyła kłapę oraz odkręca korek wlewu i wprowadza głowicę tankującą. Robot na podstawie zamówienia tankuje zadaną ilość paliwa o odpowiedniej liczbie oktanów.

Kolejnym przykładem jest robot „Skywash” przedstawiony na rys. 7.29b, którego zadaniem jest czyszczenie samolotów. Robot ten łączy w sobie wszystkie cechy zawansowanych systemów wykorzystywanych w robotyce: przygotowanie oraz zaprogramowanie ruchów przy pomocy trójwymiarowych modeli samolotu, lokalizacja obiektów poprzez sensory, kontrola ruchów robota poprzez zainstalowane czujniki siły.



Rys. 7.29. Roboty usługowe: a) do tankowania samochodów, b) do mycia samolotów
[www.robotyka.pl: teoria robotyki]

Programowanie robotów (rys. 7.30)

Stosowanymi metodami programowania obrotów są:

1. programowanie przez obwiedzenie toru ruchu (metoda *Play-back*),
2. programowanie przez uczenie, programowanie współrzędnych punktów toru ruchu (metoda *teach-in*),
3. interaktywne programowanie graficzne.



Rys. 7. 30. Metody programowania robotów

[Schmid D., Baumann A., Kaufmann H., Paetzold H., Zippel B.: *Mechatronika*. REA, Warszawa 2002]

Programowanie play-back

W przypadku zadań manipulacyjnych określanych głównie przez doświadczenie wykonującego, np. w przypadku malowania natryskowego, racjonalnym wyborem metody programowania jest ręczne bezpośrednie przemieszczenie narzędzia zamocowanego na robocie po przewidzianym torze ruchu (obwiedzenie toru ruchu). Układ sterowania zapamiętuje przy tym, co ok. 20 ms współrzędne kolejnych punktów toru dla wszystkich osi robota. Po przejściu w tryb normalnej pracy robot odtworzy zaprogramowany tor ruchu. Zapamiętane w trakcie programowania wartości współrzędnych wykorzystane są przy tym jako wartości zadane układów regulacji położenia poszczególnych osi ruchu. Nazywa się to programowaniem play-back.

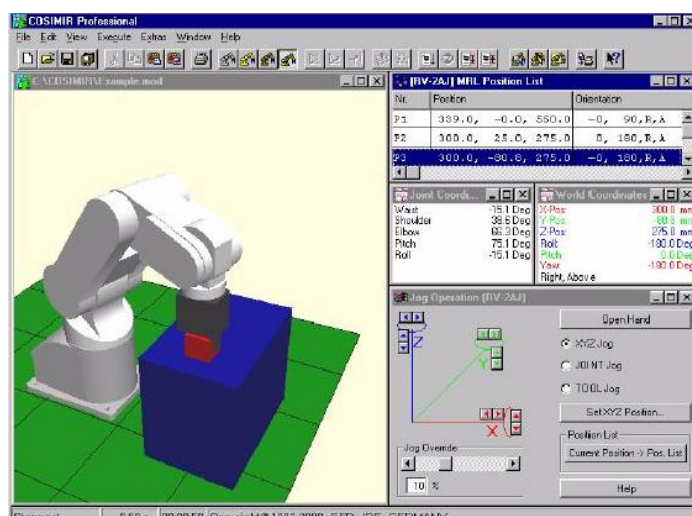
Programowanie Teach-in

Podczas programowania Teach-in osie ruchu robota przemieszczane są przez operatora za pomocą przycisków pulpitu lub drążka sterującego joy-stick dożądanego punktu toru ruchu i lub miejsca obróbki. Możliwe jest przy tym także zaprogramowanie położenia narzędzia (jego orientacji). Po osiągnięciu żądanego położenia i orientacji narzędzia ich współrzędne są zapisywane pod kolejnym numerem adresu danej procedury programu ruchu; co pozwala na zaprogramowanie następnego położenia i orientacji narzędzia. Podczas pracy automatycznej wszystkie zapamiętane położenia kinematyki robota będą odtworzone kolejno zgodnie z ich wzrastającym numerem. Nauczanie położenia i orientacji odbywa się przez ręczne sterowanie punkt po punkcie. Pozostałe rozkazy zostają zaprogramowane z pulpitu sterowania robota lub przy pomocy komputera.

Interaktywne programowanie graficzne

W tym przypadku na stanowisku programowania zostają wytworzone – oprócz instrukcji przebiegu programu i wszystkich instrukcji ruchu – również dane określające współrzędne położenia i orientacji narzędzia. Programowanie odbywa się na wygodnym dla operatora stanowisku typu CAD, z kolorową symulacją stanowiska roboczego z poruszającym się robotem (rys. 7.31). Całe zadanie robota jest wirtualnie realizowane na ekranie monitora – następnie automatycznie tworzony jest

program sterowania robotem. Do sterowania ruchem robota wirtualnego używa się takich samych instrukcji – rozkazów jak dla rzeczywistego robota.



Rys. 7.31. Symulacja stanowiska zrobotyzowanego w programie komputerowym.
[program COSIMIR]

Bezpieczeństwo pracy systemów robotycznych

Wprowadzie 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. Zagrożenie ze strony robota wynika nie tylko z fizycznego kontaktu z częściami ruchomymi robota, ale również trzeba mieć na względzie przedmioty, które mogą wypaść z chwytaka.

Zagwarantowanie bezpiecznej pracy stanowisk zrobotyzowanych realizowane powinno być na drodze programowej oraz sprzętowej. W programach sterowania powinny być zawarte algorytmy zabezpieczające przed kolizją oraz gwarantujące pewny chwyt chwytaka. Zabezpieczenie sprzętowe polega na budowaniu barier mechanicznych oraz systemami sensorycznymi wykrywających zagrożenie kolizją.

Najczęściej stosowane są:

- ogrodzenie stanowisk barierami, siatkami, ekranami (można zabezpieczyć człowieka przed wkroczeniem w strefę pracy robota oraz ochronić przed urazem ze strony przedmiotów upuszczonych przez chwytak w czasie procesu manipulacji),
- stosowanie systemów sensorycznych, najlepiej razem z osłoną stałą.

Podczas programowania robota metodą uczenia lub wykonywaniu konserwacji ewentualnie naprawy prędkości ruchu robotów powinna być zmniejszona.

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 prostopadłościanu. 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.

Bibliografia:

1. Schmid D., Baumann A., Kaufmann H., Paetzold H., Zippel B.: Mechatronika, REA, Warszawa 2002
2. Biuletyn automatyki nr 3/2004, Astor
3. Kordowicz-Sot A.: Automatyka i robotyka – robotyka, WSiP, Warszawa 1999
4. Praca zbiorowa.: Podstawy obróbki CNC. REA, Warszawa 2008

Netografia:

1. <http://alejka.pl/frezarka-cnc-niemieckiej-firmy-maho.html> - Alejka.pl: Frezarka CNC niemieckiej firmy Maho.
2. <http://www.asimo.pl/teoria/roboty-przemyslowe.php> - Asimo.pl: Roboty przemysłowe.
3. <http://apw.ee.pw.edu.pl/tresc/ref/szafar/szafar.htm> - Maciej Szafarczyk: WKŁAD POLSKICH IŻYNIERÓW I PRZEMYSŁU OBRABIARKOWEGO W ROZWÓJ AUTOMATYZACJI I POMIARÓW.
4. http://www.apx.pl/pl/obrabiarki/obrabiarki/tokarskie_centra_obrobcze/tokarki_poziome/firmy_goodway/centrum_tokarskie_o.p604626044 - Apx.pl: Centrum tokarskie o wysokiej wartości GCL-2.

5. http://www.automationstechnik.pl/?sub=oferta_firmy&id=20&t_id=2 - Automationstechnik.pl: Roboty przemysłowe.
6. www.fanuc.pl - Strona firmy FANUC.
7. <http://ioitbm.p.lodz.pl/Dydaktyka/Obrabiarki/OB/OB-1C/OB1C-instr..pdf> - mgr inż. St. Sucharzewski: BUDOWA I MOŻLIWOŚCI TECHNOLOGICZNE OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE DO SKRAWANIA METALI.
8. http://www.kfilipowicz.zut.edu.pl/Programowanie/cnc_195.pdf - Grzegorz Nikiel: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania Sinumerik 810D/840D.
9. www.mts-cnc.com.pl - Oprogramowanie MTS: Oprogramowanie CAD / Oprogramowanie CAM / Oprogramowanie CNC do dydaktyki i produkcji.
10. <http://m65.pk.edu.pl/public/UE/2010-11/wyklady/STEROWANIE%20NUMERYCZNE%20MASZYN%20TECHNOLOGICZNYCH.pdf> - Politechnika Krakowska: Sterowanie Numeryczne Maszyn Technologicznych.
11. http://www.old.imnipe.pwr.wroc.pl/lab_lap/roboty.htm - Politechnika Wrocławska: Robot kartezjański RCM-4M – ogólna charakterystyka.
12. www.robotyka.pl - Wortal dla użytkowników, producentów oraz pasjonatów robotyki w Polsce.
13. <http://www.robotyprzemyslowne.eu/oferta/stanowiska-zrobotyzowane/> - Roboty Przemysłowe sp. z o.o.: STANOWISKA ZROBOTYZOWANE.
14. http://www.rywal.com.pl/katalog_produkow/index.php?grupa=d69b&podgrupa=2410&producenci=0 - Grupę RYWAL-RHC: Katalog produktów.
15. http://www.zmt.mt.put.poznan.pl/old/CNC/Maszyny%20CNC/2_Badania_symulacyjne_napedow_OSN.pdf - Politechnika Poznańska Instytut Technologii Mechanicznej: Badania symulacyjne napędów obrabiarek sterowanych numerycznie.
16. <http://zzsw.zut.edu.pl/download/AB/Systemy%20CNC%20-%20materialy%20do%20wykladow.pdf> - Politechnika Szczecińska Wydział Mechaniczny: Systemy CNC, materiały do wykładów.