ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: GÓRNICTWO z.89 Nr kol.576

ADAM MORECKI

ROBOTY PRZEMYSŁOWE

Rozwój robotów przemysłowych datuje się od roku 1954, a pierwsze jednostki pojawiły się na rynku w roku 1962. W ostatnich latach notuje się intensywny rozwój w tym zakresie w USA, Japonii i Europie. Na szybki rozwój robotów przemysłowych składa się szereg okoliczności, z których najważniejsze to względy: ekonomiczne, techniczne i socjalne.

1. Wprowadzenie

W roku 1968 pierwsze jednostki pojawiły się na europejskim rynku. Obecnie ponad 40 kompanii wytwarza roboty przemysłowe. Szacuje się, że liczba robotów zainstalowanych w Europie wynosi około 1000 jednostek. Liczba robotów oraz stopień robotyzacji różnych gałęzi przemysłu szybko rośnie. Również w Polsce notuje się zainteresowanie tą nową dziedziną techniki.

W 1973 roku liczba opracowanych modeli na świecie była dość duża i wynosiła 156, a liczba wdrożonych jednostek sięgała 2500 sztuk. W roku 1976 ich liczbę szacowano na około 5500 sztuk.

Prowadzone badania prognostyczne metodą delficką, które objęły około 12 odmian robotów w 26 gałęziach przemysłu, transportu, rolnictwa, przestrzeni kosmicznej, zdrowia, ochrony środowiska, wojskowości i innych wskazują, że ogólny stopień organizacji robotyki zostanie osiągnięty około roku 2000.

Słowo robot nie jest dotąd jasno określone. Wiele osób kojarzy to pojęcie z terminem zaczerpniętym z "science fiction" - androida zdolnego do poruszania i uczenia się. Japońskie Stowarzyszenie Robotów Przemysłowych /JIRA/ przy Ministerstwie Handlu Zagranicznego i Przemysłu powołało w roku 1974 specjalny komitet do określenia podstawowych terminów z zakresu robotów przemysłowych. Do dnia dzisiejszego skompleto-

wano listę obejmującą ponad 250 terminów. Wg propozycji wymienionego komitetu klasyfikację robotów przemysłowych można oprzeć na następujących kryteriach:

1/ informacja wejściowa i proces uczenia się robota,
2/ układ koordynacji ruchu ręki robota,
3/ liczba stopni swobody ruchu robota,
4/ przestrzeń serwisowa i unoszona masa,
5/ metoda sterowania sekwencyjnego.

Zdecydowano kryterium 1 traktować jako podstawowe, a kryterium 2 jako pomocnicze.

W oparciu o kryterium 1 można wyróżnić:

1/ Manipulator ręczny - bezpośrednio sterowany przez operatora,
2/ Robot sekwencyjny - manipulator ze ściśle określoną sekwencją ruchów,
można tutaj wyróżnić dwie podgrupy, a mianowicie ze sztywną sekwencją i programowaną /znamienną/ sekwencją,
3/ Roboty programowane - program ruchu jest zapisany w pamięci i odtwarzany,
4/ N.S. Roboty - numerycznie sterowane roboty realizujące ruch stosownie do bieżących informacji o położeniu, sekwencji i warunków zewnętrznych,
5/ Roboty inteligentne - decydujące o swoim zachowaniu poprzez czucie i rozpoznawanie otoczenia.

W klasyfikacji pomocniczej wyróżnia się pięć grup w zależności od rodzaju układu współrzędnych.

W systematyzacji robotów stosuje się również podział na niepełne generacje, a mianowicie 1, 1,5 , 2, 2,5 i 3.

Do generacji 1 należą obecnie stosowane roboty /memory-control machines/, a do generacji 1,5 roboty wyposażone w przetworniki czucia /sensory-centrol machines/, dotyku, odległości, siły i innych.

Przewiduje się, że roboty tych dwóch generacji będą sprzedawane w 1980 roku za sumę 125 i w roku 1985 za 300 [mln] dol. amerykańskich.

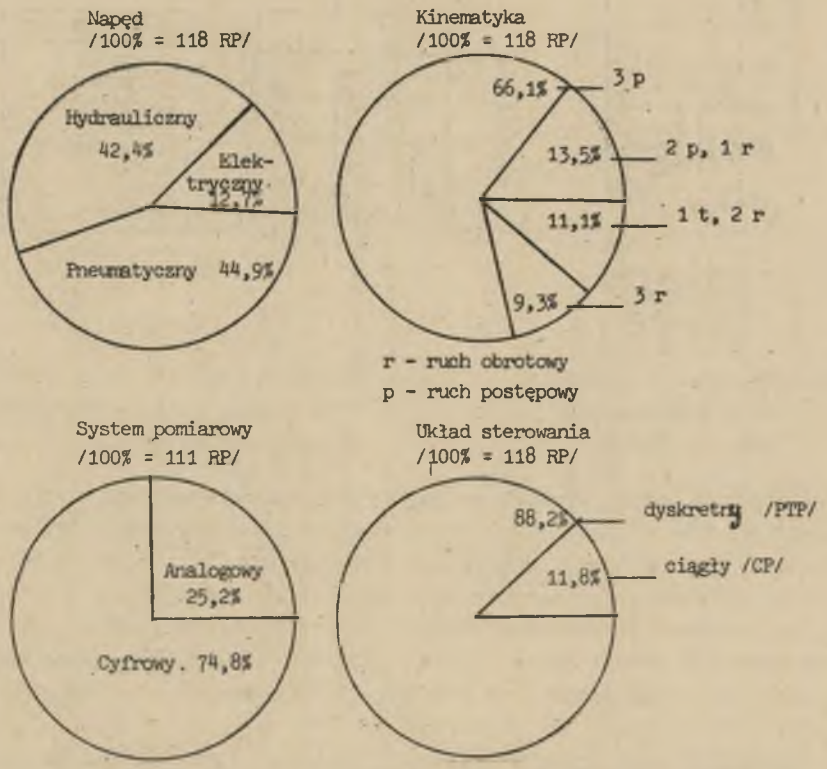
Przyspieszenie w produkcji robotów generacji 1,5 ma nastąpić począwszy od 1978 roku. Roboty generacji 2 będą urządzeniami z koordynacją typu "oko-ręka" i sterowaniem minikomputerowym.

2. Podstawowe charakterystyki robotów przemysłowych

Na rys.1 przytoczono podstawowe charakterystyki w zakresie napędu, kinematyki, układu pomiarowego i sterowania uzyskane podczas analizy wybranej grupy robotów przemysłowych.

Jak wynika z tej analizy, w obecnie stosowanych rozwiązaniach dominuje napęd hydrauliczny /ponad 40 %/ ze względu na dobre osiągi przy niewielkich wymiarach cylindrów. Siłowniki hydrauliczne umożliwiają stosowanie nie tylko sterowania krokowego /PTP-point-to point control/, ale

również ciągłego /CP-continuous patch control/. Około 90 % robotów jest wyposażonych na razie w układ sterowania typu PTP.



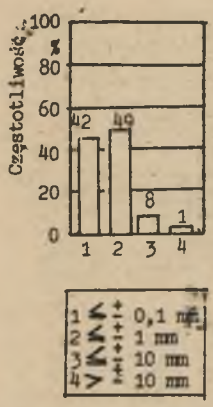
Rys.1. Charakterystyki i częstotliwości występowania w robotach przemysłowych

Równorzędnie są usytuowane roboty z siłownikami pneumatycznymi /ponad 40 %/. Ich szersze zastosowanie przewiduje się w miarę rozwoju urządzeń towarzyszących, które zapewniają lepsze pozycjonowania.

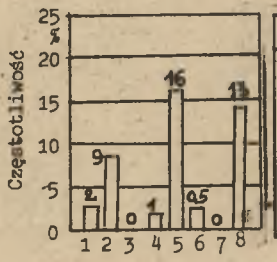
W ostatnich latach, w związku z rozwojem udoskonalonych silników elektrycznych typu skokowego i tarczowego oraz prądu stałego, notuje się stopniowy rozwój robotów z siłownikami elektrycznymi /ponad 12 %/ Wg 1 . Na rys.2 podano wyniki analizy w zakresie dokładności pozycjonowania.

W latach 1973-74 około 60 % oferowanych modeli nie posiadało czujników położenia liniowego i kątowego i zatrzymywało się po osiągnięciu zaprogramowanego położenia. Około 50 % jednostek osiągało daną pozycję z dokładnością poniżej 1 mm.

Na podstawie analizy 915 wybranych miejsc pracy uzyskano rozkład podany na rys.3. Jak wynika z przytoczonych informacji, pozycja 5 występuje aż 669 razy. Komitet Techniki JIRA w Japonii w roku 1976 przeprowadził analizę metodą delficką w zakresie długoterminowego rozwoju robotów przemysłowych, tzn. do roku 1990, na przykładzie 121 rodzajów odmian robotów 2 .



Rys.2. Względna częstotliwość dokładności pozycjonowania



nr.	rodzaj czynności	liczba
1	odlewanie	45
2	matrycowanie	23
3	formierstwo	72
4	kuźnictwo	38
5	cięcie metali	669
6	montaż	32
7	pokrycia	31
8	ogólnie	915

Rys.3. Względna częstotliwość analizowanych miejsc pracy o określonym stopniu automatyzacji

Z uzyskanych danych wynika, że najszybszy rozwój przewiduje się w zakresie robotów do prac maszynowych /machine tool robots/, robotów do spawania, modelowania i pokrywania /np. samochodów/, robotów montażowych i ogólnego przeznaczenia /np. do prac porządkowych/.
Aby zilustrować zakres prac, podano, że przewiduje się wzrost liczby zainstalowanych jednostek od 70.000 - 100.000 w roku 1985. Dużą wagę przywiązuje się w tej liczbie do robotów inteligentnych, tzn. wyższych generacji.

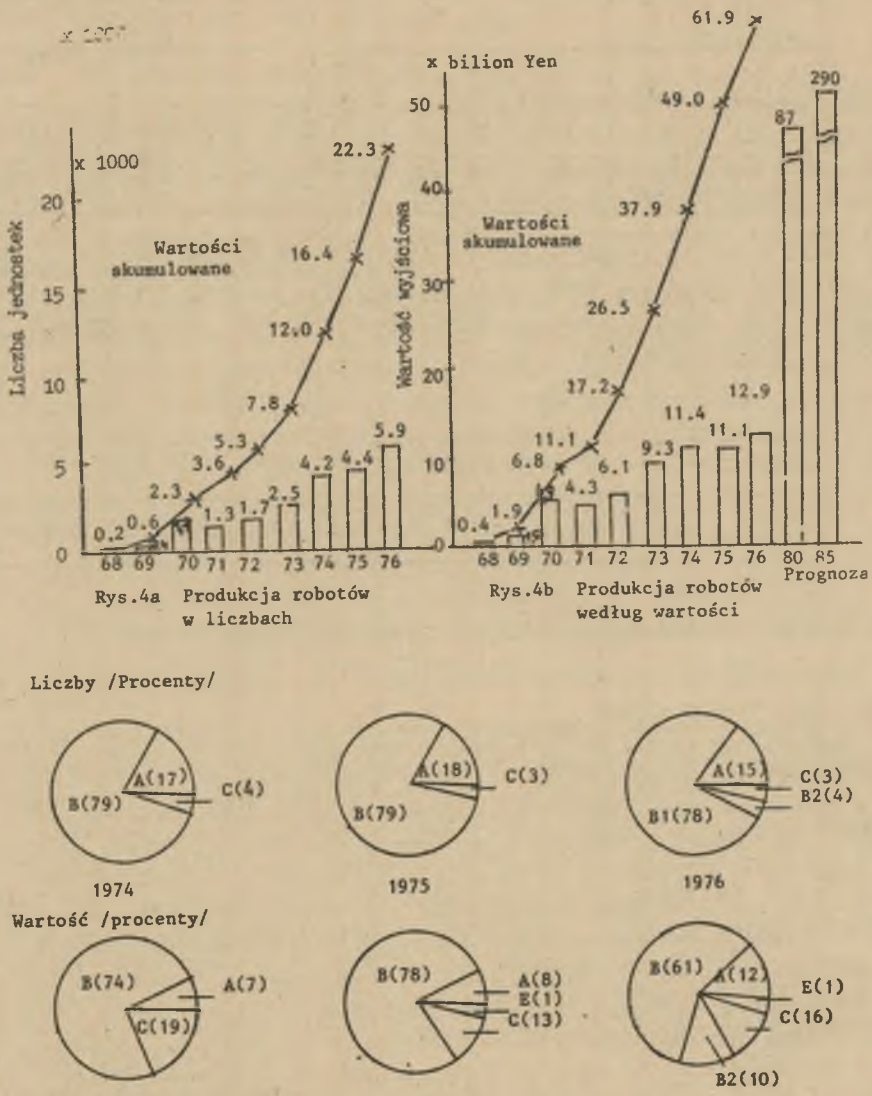
Niektóre wyniki analizy podano na rys.4a i 4b i 4c. Rys.4a prezentuje wzrost produkcji robotów w sztukach, rys.4b w wartości, a rys.4c rodzaje wytwarzanych robotów.

Większość potrzeb jest obecnie załatwianych przez roboty o udźwigu do 50 kg, niemniej notuje się występowanie nawet dość długich serii robotów o udźwigach do 500 i 1000 kg. W większości przypadków obecnie wytwarzane roboty są stosowane do powtarzających się, monotonnych czynności wykonywanych przez człowieka jedną ręką.

Jak już wspomniano, roboty generacji 2 będą urządzeniami z koordynacją typu "oko-ręka" i że sterowaniem za pomocą minikomputera. Wyposażone w kamery telewizyjne, obserwujące przestrzeń serwisową, będą one przeznaczone do wykonywania czynności wymagających odpowiedniego współdziałania ręki robota z obiektem. Ocenia się koszt takiego robota na 50.000 do 60.000 dol. amerykańskich.

Najbardziej zaawansowane opracowania w tym zakresie należą do Hitachi Ltd., Mitsubishi Electric Corporation w Japonii, Uniwersytetu w Nottingham /Anglia/ i Uniwersytetu w Stanford /Kalifornia/.
Roboty generacji 2,5 i 3 będą wyposażone w programowane układy adaptacyjnej koordynacji "oko-ręka" oraz "sztuczną inteligencję" umożliwiającą rozwiązywanie niektórych problemów w warunkach przemysłowych /fabry-

cznych/. Koszt jednostki ocenia się na około 75.000 do 100.000 dol. amerykańskich.



A: Manipulatory ręczne
B: Roboty ze sztywną lub zmienną sekwencją sterowania
C: Roboty programowane
D: NS roboty
E: Roboty inteligentne

Rys.4. Produkcja i rodzaje robotów japońskich

Dla ilustracji wzrostu tego typu robotów w tablicy 1 podano prognozowany rysunek amerykańskich robotów generacji 2+2, 5+3.

Tablica 1

Rok / Generacja	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
2	33	100	150	190	220	230	250	280	370
2,5+3	-	-	-	60	120	250	430	570	730
Razem w mln dol.amerykań.	33	100	150	250	340	480	680	850	1100

Tylko rynek amerykański planuje wzrost z 33 mln.dol. w 1977 r. do 1 bil. dol. ameryk. w 1985 roku. Zakłada się, że przy 1,5 % zasięgu rynku w 1985 roku, łącznie 58.000 jednostek będzie przekazanych w latach 1977-1985 /tabl.2/.

Tablica 2

Lata	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Liczba jednostek	600	1800	2700	3575	5000	7150	9295	12160	15710

3. Rozwój prac w zakresie robotów przemysłowych w Krajach RWPG

Prace w zakresie robotów przemysłowych są rozwijane w Bułgarii, WRL, NRD, PRL, CSSR i ZSRR.

Najbardziej zaawansowane prace są prowadzone w ZSRR i WRL. Z obecnie dostępnych danych wynika, że prototyp węgierskiego robota 1 generacji z programowym sterowaniem typu pneumatycznego, został przekazany do produkcji seryjnej i oczekuje się w okresie 1976-78 serii rzędu kilkudziesięciu sztuk na rynku. Jest to proste urządzenie i stosunkowo łatwe do wykonania przemysłowego przy średnio rozwiniętym przemyśle. Interesujące prace są prowadzone w ZSRR w zakresie robotów wykorzystywanych do prac spawalniczych. Od 1973 r. pracują roboty opracowane przez Instytut Elektroswarki Pattona i Gorkowską Fabrykę samochodów, przeznaczone dla punktowego spawania części samochodowych. Posiadają one 5 stopni swobody. Siłownikami są silniki krokowe ze wzmacniaczem hydraulicznym, obciążenie 14 kg, dokładność 1 mm. W związku z dużym zapotrzebowaniem na zautomatyzowanie prac spawalniczych planuje się przygotowanie produkcji 1000 sztuk, a w przyszłości 3000 do 5000 takich jednostek. W 1975 roku oceniało się potrzeby wybranych zakładów na 150 jednostek.

W Polsce w okresie 1977-78 notuje się wyraźnie ożywienie problematyki robotów przemysłowych. Kilka dużych instytutów przemysłowych realizuje różne programy zarówno własne jak i licencyjne w zakresie robotów z napędem pneumatycznym i elektrycznym. Przewiduje się w następnych 5 - 10 latach zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu wiele robotów pierwszej i ewentualnie wyższej generacji.

4. Zakończenie

Liczbę robotów przemysłowych pracujących aktualnie na świecie ocenia się na 5500. Około 2000 pracuje w Japonii, 2000 w USA i około 1500 w Europie. Trudno jest natomiast ocenić liczbę manipulatorów. Przypuszcza się, że obecnie jest wytwarzanych około 100 różnych odmian manipulatorów. Wiele tysięcy prostych kopiujących manipulatorów pracuje przy obsłudze reaktorów atomowych.

Większość robotów przemysłowych jest wykorzystywana do ładowania lub rozładowywania różnych maszyn jak, np. prasy. Duża liczba robotów jest wykorzystywana do prac spawalniczych, kucia, pokrywania, malowania.

Największe doświadczenie w produkcji i wykorzystaniu robotów w przemyśle posiada f-ma Unimation. Populacja robotów sięga tutaj 1000 jednostek, a liczba godzin pracy ponad 7.000.000. Duże doświadczenie posiadają również f-my japońskie jak Hitachi, Mitsubishi, Kawasaki, Hawker Siddeley, Dynamics Engineering Lim. produkująca od 1967 roboty typu Versatran. W roku 1974 ta ostatnia firma wyprodukowała ponad 100 sztuk robotów. Należy podkreślić, że robot Versatran był przyjęty jako podstawa do projektu robota generacji 2.5 w USA w latach 1975-76.
W kolejności idą f-my szwedzkie Elektrolux, ASEA, Retab oraz norweska Trallfa.

Z analizy obecnego stanu wiedzy wynika, że przeważają roboty o 4-5 stopniach swobody, z siłownikami hydraulicznymi ze sterowaniem programowym w układzie otwartym, przewidziane na obciążenie do 50 kg, o dokładności pozycjonowania rzędu 1 mm. Udział robotów o napędzie elektrycznym jest niewielki, ale wydaje się, że będzie on wzrastał w najbliższych latach. Rozwijają się dwa kierunki w budowie robotów wyspecjalizowane ze sztywnymi programami i uniwersalne, łatwo przeprogramowywane przez nauczanie sekwencji ruchów z pulpitu lub bezpośrednio.
Z przeprowadzonej analizy wynika, że występuje wyraźna koncentracja robotów w wybranych dziedzinach: spawalnictwo, malowanie i pokrywanie, obsługa pras i wtryskarek.

Rozwój robotów kolejnych generacji 2, 2,5 i 3 wydaje się na razie dyskusyjny ze względu na ich wysokie koszty i nieokreślone jeszcze precyzyjnie zapotrzebowanie.

Zarysowuje się obecnie pewna dysproporcja pomiędzy możliwościami technicznymi w zakresie konstruowania robotów, a potrzebami i umiejętnościami ich potencjalnych użytkowników. Przemysł, przynajmniej w krajach o średnim poziomie technicznym, jest obecnie bardziej zainteresowany manipulatorami lub prostymi i wyspecjalizowanymi robotami.

LITERATURA

[1] M.J.Warnecke, R.D.Schraft; Research Activities of the Institute of Production and Automation in the Field of Robotics. Proceedings, 7th Inter. Symp. on Industrial Robots 19, 21, Oct. 1977, Tokyo, Japan.

[2] K.Yenemoto, K.Shiine; Present State and Future Outlook of Technology Market on Indstrial Robots in Japan. Proceedings, 7th Inter. Symp. on Industrial Robots 19, 20 i 21, Oct. 1977, Tokyo, Japan.

[3] Theory and Practice of Robots and Manipulators. Proceedings, Edited by A.Morecki, K.Kędzior. Second Inter. CISM - IFToMM Symp. Warszawa, Poland 14-17 Sept. 1976, PWN, Warszawa. Elsvier, Amsterdam - Oxford - New - York.

[4] A.Morecki; Manipulatory i roboty /teoria i praktyka/. Człowiek i Nauka, Wiedza Powszechna 1977.

Промышленные роботы

С 1954 года датируется развитие промышленных роботов, первые появились в продаже в 1962 году. За последние годы интенсивное развитие наступило в США , Японии и Европе.

Ряд обстоятельств влияет на быстрое развитие промышленных роботов. Самые главные это экономические, технические и социальные факторы.

IDUSTRIAL PROCESS CONTROLLERS

The development of industrial process controllers dates back to 1954 and the first units were on the market in 1962. Lately there has been an intensive progress in the field, in the USA, Japan and Europe. This rapid spread is due to a number of causes, the most important of which are economic, technical and social.