
Spis treści

Wstęp	11
1. Rozwój robotyki	15
1.1. Rys historyczny rozwoju robotyki	15
1.2. Dane statystyczne ilustrujące rozwój robotyki przemysłowej	18
1.3. Czynniki stymulujące rozwój robotyki	23
1.4. Zakres i problematyka badawcza robotyki	24
1.5. Prawa robotyki	26
2. Definicje i klasyfikacja robotów przemysłowych	28
2.1. Definicje podstawowe	28
2.2. Klasyfikacja robotów przemysłowych	29
2.2.1. Klasyfikacja robotów ze względu na budowę jednostki kinematycznej	30
2.2.2. Klasyfikacja robotów ze względu na strukturę kinematyczną	30
2.2.3. Klasyfikacja robotów ze względu na sterowanie	35
2.2.4. Klasyfikacja robotów ze względu na rodzaj napędu	37
2.2.5. Klasyfikacja robotów ze względu na wykonywane zadania technologiczne	38
3. Budowa robotów przemysłowych	39
3.1. Podstawy budowy robotów przemysłowych	39
3.2. Roboty monolityczne o szeregowej strukturze kinematycznej	42
3.2.1. Roboty o strukturze kinematycznej przegubowej	42
3.2.2. Roboty o strukturze kinematycznej sferycznej	45
3.2.3. Roboty o strukturze kinematycznej cylindrycznej	46
3.2.4. Roboty o strukturze kinematycznej SCARA	47

3.2.5.	Roboty o strukturze kinematycznej PUMA	48
3.2.6.	Roboty o strukturze kinematycznej kartezjańskiej	49
3.2.7.	Roboty wielokorbowe	51
3.3.	Roboty o budowie modułowej i szeregowej strukturze kinematycznej	53
3.3.1.	Wiadomości wstępne	53
3.3.2.	Aluminiowe profile konstrukcyjne	55
3.3.3.	Przykłady budowy modułowej	62
3.4.	Roboty i manipulatory o strukturach równoległych	66
3.4.1.	Manipulatory równoległe o trzech stopniach swobody	67
3.4.2.	Manipulatory równoległe o większej liczbie stopni swobody	69
3.5.	Roboty i manipulatory o strukturach hybrydowych	72
3.6.	Roboty mobilne	74
3.6.1.	Roboty poruszające się po stałym torze jezdny	74
3.6.2.	Autonomiczne roboty mobilne	77

4. Wprowadzenie do kinematyki robotów 82

4.1.	Elementy struktury kinematycznej robotów przemysłowych	82
4.2.	Kinematyka robotów o strukturze szeregowej	89
4.2.1.	Opis pozycji i orientacji robota	89
4.2.2.	Odwzorowania przekształcenia opisów przy przejściu z jednego układu współrzędnych do drugiego	91
4.2.3.	Opis kinematyki w notacji geometrycznej	93
4.2.4.	Opis kinematyki w notacji Denavita–Hartenberga	98
4.3.	Kinematyka robotów o strukturach równoległych	106
4.3.1.	Kinematyka manipulatora równoległego typu DELTA	106
4.3.2.	Kinematyka manipulatora równoległego hexapod	110
4.4.	Kinematyka robotów mobilnych	113

5. Sterowanie robotów przemysłowych 117

5.1.	Zadania układów sterowania	117
5.1.1.	Reagowanie na działalność operatora	118
5.1.2.	Sterowanie w osiach dyskretnych	118
5.1.3.	Sterowanie w osiach pozycjonowanych płynnie	119
5.1.4.	Sterowanie wejść i wyjść technologicznych	125
5.1.5.	Ustalanie kolejności dalszego działania	126
5.2.	Klasyfikacja układów sterowania	127
5.3.	Układy sterowania teleoperatorów	129
5.4.	Programowalne sterowniki logiczne PLC	130
5.5.	Układy sterowania numerycznego komputerowego	134
5.5.1.	Architektura systemu mikroprocesorowego	135
5.5.2.	Struktura sprzętowa układów komputerowych CN	138
5.5.3.	Oprogramowanie systemowe	141
5.6.	Sterowanie robotów mobilnych	146

6. Programowanie robotów przemysłowych 152

6.1.	Wprowadzenie do programowania robotów	152
6.2.	Programowanie robotów sterowanych PLC	154
6.3.	Programowanie robotów przez nauczanie	160
6.3.1.	Panel sterowania	160
6.3.2.	Programowanie <i>on-line</i> robota KUKA KR 125	163
6.3.3.	Przykład programowania <i>on-line</i> robota KUKA KR 125	166
6.4.	Programowanie poza stanowiskiem pracy (<i>off-line</i>)	167
6.4.1.	Języki programowania robotów	169
6.4.2.	Programy umożliwiające symulację zrobotyzowanego stanowiska	171
6.5.	Programowanie robotów mobilnych	174
6.5.1.	Metoda propagacji fali	176
6.5.2.	Metoda diagramu Woronoja	178
6.5.3.	Graf widoczności	178
6.5.4.	Metoda pól potencjałowych	180
6.5.5.	Metoda elastycznej wstęgi	180
6.5.6.	Algorytmy mrówkowe jako układ planowania toru ruchu	181
6.5.7.	Sieci komórkowe do planowania trasy dla robota mobilnego	183
6.5.8.	Oprogramowanie do nawigacji robotów mobilnych	184

7. Napędy robotów przemysłowych 188

7.1.	Przeznaczenie napędów i zakres ich działania	188
7.2.	Napędy pneumatyczne	191
7.3.	Napędy elektrohydrauliczne	195
7.4.	Napędy elektryczne	200
7.4.1.	Napędy prądu stałego z silnikami komutatorowymi	201
7.4.2.	Napędy prądu stałego z silnikami bezkomutatorowymi	205
7.4.3.	Napędy prądu przemiennego	206
7.4.4.	Napędy liniowe	211
7.4.5.	Napędy z silnikami skokowymi	214
7.5.	Przekładnie mechaniczne	217
7.5.1.	Przekładnie mechaniczne przekazujące ruch obrotowy	218
7.5.2.	Przekładnie mechaniczne do zmiany ruchu obrotowego na postępowy	223
7.5.3.	Redukujące przekładnie mechaniczne	225

8. Efektory robotów przemysłowych 232

8.1.	Zadania urządzeń chwytających	232
8.2.	Klasyfikacja i charakterystyka urządzeń chwytających	234
8.3.	Chwyty mechaniczne	236
8.3.1.	Układy napędowe	238
8.3.2.	Układy przeniesienia napędu	239

8.3.3.	Układy wykonawcze chwytaków	242
8.3.4.	Dobór chwytaka mechanicznego z oferty rynkowej	247
8.3.5.	Projektowanie mechanizmów chwytaka	251
8.4.	Chwytaaki podciśnieniowe	256
8.5.	Chwytaaki elektromagnetyczne i magnetyczne	262
8.6.	Narzędzia	264
8.7.	Sprzęgi efektorów	264

9. Układy sensoryczne 269

9.1.	Wprowadzenie do układów sensorycznych	269
9.2.	Układy pomiarowe położenia i przemieszczenia	271
9.2.1.	Potencjometr pomiarowy	273
9.2.2.	Selsyn przelicznikowy (rezolwer)	274
9.2.3.	Induktosyn liniowy i obrotowy	275
9.2.4.	Przetwornik obrotowo-impulsowy i linia kreskowy	277
9.2.5.	Tarcze i liniały kodowe	279
9.3.	Układy pomiarowe prędkości	281
9.4.	Układy sensoryczne dotyku	282
9.4.1.	Czujniki stykowe	282
9.4.2.	Przetworniki siły i naprężeń	284
9.4.3.	Przetworniki dotykowe typu „sztuczna skóra”	285
9.5.	Układy sensoryczne zmysłu wzroku	288
9.5.1.	Zadania układów wizyjnych	288
9.5.2.	Układy do identyfikacji położenia przedmiotów	288
9.5.3.	Układy wizyjne rozpoznające obrazy	290
9.6.	Układy sensoryczne w robotach mobilnych	298
9.6.1.	Czujniki ultradźwiękowe	298
9.6.2.	Interferometr laserowy	299
9.6.3.	Skanery laserowe	301
9.6.4.	Transponder	302
9.6.5.	Żyroskop	303
9.6.6.	Sensory obecności	303

10. Sztuczna inteligencja w robotyce 305

10.1.	Wprowadzenie do systemów sztucznej inteligencji	305
10.2.	Struktura i funkcje inteligentnych robotów	307
10.3.	Sieci neuronowe w robotach adaptacyjnych II generacji	312
10.3.1.	Budowa sieci neuronowych	312
10.3.2.	Sterowanie ruchem robota	316
10.3.3.	Zastosowanie sieci neuronowych do rozpoznawania obrazów	317
10.4.	Sterowanie rozmyte robotów adaptacyjnych II generacji	320
10.4.1.	Wprowadzenie	320
10.4.2.	Podstawy sterowania rozmytego	321

10.4.3. Przykład sterowania według reguł rozmytych	323
10.5. Nawigacja inteligentnych robotów mobilnych III generacji	326
10.6. Perspektywy rozwoju robotów inteligentnych	329
10.6.1. Sztuczna inteligencja oparta na zachowaniach	329
10.6.2. Układy sterowania ruchem człowieka a układy sterowania robota	330
10.6.3. Perspektywy przyszłych badań	332

11. Bezpieczeństwo na zrobotyzowanych stanowiskach pracy 334

11.1. Uwagi ogólne	334
11.1.1. Zagrożenia na zrobotyzowanych stanowiskach pracy	334
11.1.2. Przyczyny wypadków podczas pracy w systemach zrobotyzowanych	335
11.1.3. Ogólne zasady bezpiecznej integracji robota z systemem	336
11.2. Metody zabezpieczania systemów zrobotyzowanych	337
11.2.1. Podział systemów ochronnych	337
11.2.2. Zabezpieczenia sprzętowe poziomu pierwszego	338
11.2.3. Sposoby detekcji obecności człowieka	338
11.2.4. Analiza i ocena metod detekcji	340
11.2.5. Normy dotyczące bezdotykowych urządzeń ochronnych	341

12. Badanie dokładności robotów przemysłowych 347

12.1. Definicje pojęć podstawowych	347
12.2. Dokładność pozycjonowania i powtarzalność pozycjonowania	351
12.2.1. Dokładność pozycjonowania (<i>AP</i>)	351
12.2.2. Powtarzalność pozycjonowania (<i>RP</i>)	353
12.2.3. Powtarzalność pozycjonowania osiągnięta z wielu punktów (<i>vAP</i>)	354
12.3. Badania dokładności robotów	356
12.3.1. Warunki prowadzenia badań	356
12.3.2. Techniki pomiarów podczas badania dokładności robotów	360

13. Zastosowania robotów przemysłowych 363

13.1. Aspekty budowy zrobotyzowanych systemów wytwarzania	363
13.1.1. Wprowadzenie do projektowania zrobotyzowanych systemów wytwarzania ...	364
13.1.2. Najważniejsze cechy projektowania mechatronicznego	367
13.2. Robotyzacja stanowisk spawalniczych	369
13.2.1. Zrobotyzowane stanowiska spawania łukowego	369
13.2.2. Zrobotyzowane stanowiska spawania i cięcia laserowego oraz plazmowego	383
13.2.3. Zrobotyzowane stanowiska zgrzewania	386
13.3. Zrobotyzowane stanowiska obróbkowe	388
13.3.1. Obrabiarki samoobsługujące się	390
13.3.2. Autonomiczne stacje obróbki tokarskiej	392
13.3.3. Autonomiczne stacje obróbki frezarskiej	398

13.3.4. Roboty wykonujące samodzielnie operacje obróbkowe	403
13.4. Zrobotyzowana obsługa pras i kuźniarek	405
13.4.1. Robotyzacja podawania materiału do pras	405
13.4.2. Obsługa pras krawędziowych i giętarek	412
13.4.3. Charakterystyka procesu kucia z punktu widzenia jego robotyzacji	413
13.4.4. Korzyści z robotyzacji pras	414
13.5. Robotyzacja stanowisk montażowych	415
13.5.1. Podstawy robotyzacji prac montażowych	415
13.5.2. Konfiguracja zrobotyzowanych stanowisk montażowych	417
13.5.3. Roboty do zadań montażowych	420
13.5.4. Przykłady zrobotyzowanych stanowisk i systemów montażowych	422
13.6. Zrobotyzowane stanowiska manipulacji i paletyzacji	425
13.7. Robotyzacja procesów malowania	428
13.8. Zastosowanie robotów do badania jakości wyrobów	430

Literatura	432
------------------	-----

Skorowidz	443
-----------------	-----
