
Spis treści

Spis symboli, operatorów i skrótów	7
Przedmowa	13
1. Problematyka sterowania robotami mobilnymi	19
1.1. Zagadnienia wstępne	19
1.2. Robot mobilny klasy (2,0)	25
1.3. Problem sterowania ruchem	26
1.4. Opis matematyczny robota w przestrzeni zadania	29
1.4.1. Przestrzeń konfiguracyjna	32
1.4.2. Chwilowy środek obrotu	34
1.5. Zadania ruchu i zadania sterowania	35
1.5.1. Zadanie śledzenia trajektorii	36
1.5.2. Zadanie sterowania do punktu	38
1.5.3. Zadanie podążania wzdłuż ścieżki	39
1.5.4. Pozycyjne zadania ruchu	42
1.5.5. Problem unikania kolizji z przeszkodami	44
2. Model matematyczny robota mobilnego	47
2.1. Kinematyka platformy	47
2.2. Dynamika platformy	52
2.3. Modelowanie nasycenia sygnałów sterujących	65
2.4. Cechy modelu robota klasy (2,0)	67
2.4.1. Sterowalność	67

2.4.2.	Wskaźniki kinematyczne	70
2.4.3.	Różniczkowa płaskość	71
2.4.4.	Linearyzacja modelu kinematyki	72
2.5.	Przebieg ćwiczenia I	75
3.	Sygnały i struktura układu sterowania	77
3.1.	Generator sygnałów referencyjnych	77
3.1.1.	GSR dla zadania śledzenia trajektorii	78
3.1.2.	GSR dla zadania sterowania do punktu	82
3.1.3.	GSR dla zadania podążania wzdłuż ścieżki	82
3.2.	Kaskadowa struktura układu sterowania – wymuszenie prędkościowe	85
3.2.1.	Synteza podrzędnych obwodów regulacji prędkości	88
3.2.2.	Skalowanie sygnałów sterujących pętli nadrzędnej	95
3.3.	Kaskadowa struktura układu sterowania – wymuszenie momentowe i napięciowe	99
3.4.	Fundamentalne ograniczenia w sterowaniu platformą	105
3.5.	Przebieg ćwiczenia II	107
4.	Sterowniki wynikające z technik linearyzacji	113
4.1.	Uwagi wstępne	113
4.2.	Algorytm dla zadania śledzenia trajektorii	114
4.2.1.	Wyprowadzenie równania dynamiki błędu śledzenia	114
4.2.2.	Projektowanie reguły sterowania	116
4.2.3.	Parametryczna synteza sterownika	118
4.3.	Algorytm dla zadania podążania wzdłuż ścieżki	121
4.3.1.	Wyprowadzenie równań dynamiki błędów odtwarzania	122
4.3.2.	Projektowanie reguły sterowania	125
4.3.3.	Parametryczna synteza sterownika	126
4.4.	Algorytm dla zadania odtwarzania pozycji	129
4.4.1.	Definicja wyjść linearyzujących	130
4.4.2.	Projektowanie reguły sterowania	132
4.4.3.	Parametryczna synteza sterownika	133
4.5.	Przebieg ćwiczenia III	135
5.	Ciągły sterownik Pometa jawnie zależny od czasu	139
5.1.	Uwagi wstępne	139
5.2.	Dynamika przekształconego błędu stabilizacji	140
5.3.	Projektowanie reguły sterowania	141
5.4.	Wybór funkcji pobudzającej i parametryczna synteza sterownika	147

5.5. Przebieg ćwiczenia IV	148
6. Sterowniki nieciągłe metody VFO	151
6.1. Uwagi wstępne	151
6.2. Ogólna postać równań sterownika VFO	151
6.3. Algorytm VFO dla zadania śledzenia trajektorii	155
6.3.1. Definicja sterownika	155
6.3.2. Parametryczna synteza sterownika	157
6.4. Algorytm VFO dla zadania sterowania do punktu	158
6.4.1. Definicja sterownika	158
6.4.2. Parametryczna synteza sterownika	161
6.5. Przebieg ćwiczenia V	162
7. Opis stanowisk laboratoryjnych	165
7.1. Ogólne wytyczne dotyczące pracy z robotami mobilnymi na stanowiskach laboratoryjnych	165
7.2. Stanowiska z robotami MTV3 oraz Kh3	166
7.2.1. Zasady pracy z robotem MTV3 i opis oprogramowania w środowisku Matlab	169
7.2.2. Zasady pracy z robotem Kh3 i opis oprogramowania w środowisku Matlab	174
7.3. Stanowisko z robotem MMS-UMR	177
8. Uzupełnienia	187
8.1. Fundamentalny wniosek z twierdzenia Brocketta	187
8.2. Model dynamiki robota z przesuniętym środkiem masy	188
8.3. Uwagi na temat szybkości zbieżności	192
8.4. Alternatywne sposoby syntezy sterownika (4.18)	195
8.5. Nieliniowe wersje sterowników opisanych w rozdziale 4	198
8.5.1. Nieliniowa wersja sterownika dla zadania śledzenia trajektorii	198
8.5.2. Nieliniowa wersja sterownika dla zadania podążania wzdłuż ścieżki	198
8.6. Unormowana parametryzacja ścieżki	199
8.6.1. Ścieżka prostoliniowa	199
8.6.2. Ścieżka w postaci okręgu	201
8.7. Sposób obliczania funkcji $\text{Atan2c}(\cdot, \cdot)$	202
8.8. Wybrane kryteria porównawcze algorytmów sterowania	203
8.8.1. Porównanie algorytmów z uwzględnieniem kryterium Kr1	207

8.8.2. Porównanie algorytmów z uwzględnieniem kryterium Kr5	210
8.9. Procedura odometrii jako metoda lokalizacji robotów	213
8.10. Interfejs programowy dla robota Kh3 w środowisku Matlab . .	215
8.11. Implementacja modeli w środowisku Matlab-Simulink	219
Bibliografia	225
Indeks	231