

# Spis treści

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Przedmowa</b>                                                                    | 7  |
| <b>Wykaz ważniejszych oznaczeń</b>                                                  | 9  |
| <b>1 Szkic historyczny i podstawowe wiadomości</b>                                  | 11 |
| 1.1. Historia                                                                       | 11 |
| 1.2. Klasyfikacja maszyn kroczących                                                 | 16 |
| 1.3. Terminologia                                                                   | 19 |
| 1.3.1. Chody                                                                        | 19 |
| 1.3.2. Stabilność                                                                   | 26 |
| 1.4. Przykład wstępnej analizy chodu                                                | 30 |
| <b>2 System mechaniczny</b>                                                         | 36 |
| 2.1. Wprowadzenie                                                                   | 36 |
| 2.1.1. Cel projektowania                                                            | 36 |
| 2.1.2. Części składowe systemu                                                      | 37 |
| 2.2. Geometria urządzenia                                                           | 38 |
| 2.2.1. Nogi                                                                         | 38 |
| 2.2.2. Stopy                                                                        | 45 |
| 2.3. Wpływ geometrycznych proporcji i masy urządzenia na wydatki energetyczne chodu | 48 |
| 2.4. Obliczanie mocy silników                                                       | 53 |
| 2.4.1. Wiadomości ogólne                                                            | 53 |
| 2.4.2. Obliczanie mocy silników maszyn kroczących                                   | 59 |
| <b>3 System sterujący i czujniki</b>                                                | 62 |
| 3.1. Wprowadzenie                                                                   | 62 |
| 3.2. Sprzężenie zwrotne                                                             | 63 |
| 3.3. Profil prędkości silnika                                                       | 67 |
| 3.4. Dobór nastaw regulatora                                                        | 70 |
| 3.5. Sprzęt i narzędzia programowe                                                  | 72 |
| 3.6. Czujniki                                                                       | 75 |
| 3.7. Struktura oprogramowania                                                       | 80 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>4 Planowanie ruchu</b>                                                         | 85  |
| 4.1. Kinematyka nogi                                                              | 85  |
| 4.1.1. Wprowadzenie                                                               | 85  |
| 4.1.2. Zadanie proste kinematyki                                                  | 87  |
| 4.1.3. Zadanie odwrotne kinematyki                                                | 88  |
| 4.2. Trajektoria ruchu końca nogi                                                 | 90  |
| 4.2.1. Rozważania ogólne                                                          | 90  |
| 4.2.2. Trajektoria ruchu końca nogi przy zmianach kierunku ruchu                  | 95  |
| 4.3. Trajektoria ruchu maszyny                                                    | 100 |
| 4.4. Synteza chodu                                                                | 103 |
| <b>5 Adaptacja ruchu do właściwości podłoża i warunków otoczenia</b>              | 109 |
| 5.1. Wprowadzenie                                                                 | 109 |
| 5.2. Sterowanie pozycyjno-silowe                                                  | 111 |
| 5.3. Odkształcenie podłoża pod wpływem siły                                       | 113 |
| 5.4. Problem rozkładu sił reakcji                                                 | 118 |
| 5.4.1. Wprowadzenie                                                               | 118 |
| 5.4.2. Układy współrzędnych i oznaczenia                                          | 119 |
| 5.4.3. Warunki równowagi sił i momentów sił                                       | 120 |
| 5.4.4. Modele uproszczone                                                         | 122 |
| 5.4.5. Przykład                                                                   | 125 |
| <b>6 Generowanie chodu — wzorce biologiczne</b>                                   | 133 |
| 6.1. Wprowadzenie                                                                 | 133 |
| 6.2. Generator chodu                                                              | 133 |
| 6.2.1. Struktura biologiczna i modele matematyczne                                | 133 |
| 6.2.2. Generator chodu owadów                                                     | 138 |
| 6.2.3. Generator chodu ssaków                                                     | 145 |
| 6.3. Mechanizmy zachowań                                                          | 146 |
| 6.4. Rodzaje zachowań                                                             | 149 |
| <b>7 Roboty dwunożne</b>                                                          | 152 |
| 7.1. Początki robotów humanoidalnych                                              | 152 |
| 7.2. Prawo Punktu Zerowego Momentu                                                | 156 |
| 7.3. Wykorzystanie Prawa Punktu Zerowego Momentu do syntezy chodu                 | 158 |
| 7.4. Zastosowanie Prawa Punktu Zerowego Momentu do korekty postury w czasie ruchu | 162 |
| 7.5. Cechy chodu człowieka                                                        | 162 |
| 7.6. Uproszczone modele chodu                                                     | 165 |
| 7.7. Synteza ruchu robota dwunożnego                                              | 169 |
| <b>Podsumowanie</b>                                                               | 172 |
| <b>Literatura</b>                                                                 | 174 |
| <b>Skorowidz</b>                                                                  | 182 |