

# SPIS TREŚCI

|  |           |
|--|-----------|
| <b>WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1. RYS HISTORYCZNY TEORII GIROSKOPU</b>   | <b>13</b> |
| 1.1. Elementy klasyfikacji giroskopów  | 13        |
| 1.2. Ewolucja pojęcia giroskopu  | 15        |
| 1.3. Podstawowe etapy rozwoju giroskopu  | 16        |
| 1.3.1. Giroskop kursu  | 20        |
| 1.3.2. Pion giroskopowy  | 21        |
| 1.3.3. Giroskopowa platforma stabilizowana   | 22        |
| 1.3.4. Giroskop laserowy   | 24        |
| 1.3.5. Giroskop światłowodowy  | 28        |
| 1.3.6. Giroskop piezoelektryczny   | 28        |
| 1.3.7. Giroskop widełkowy  | 31        |
| 1.3.8. Mikrogiroskop z wirującym dyskiem   | 33        |
| 1.3.9. Mikrogiroskop z wibrującym pierścieniem   | 34        |
| 1.3.10. Przykłady giroskopowych przyrządów pilotażowych                                      | 35        |
| 1.3.11. Przykład przyrządu obserwacyjnego z wbudowanym giroskopem                            | 38        |
| 1.4. Nowe wyzwania dla giroskopu   | 39        |
| <b>2. RÓWNANIA RUCHU KULISTEGO CIAŁA SZTYWNEGO</b>   | <b>41</b> |
| 2.1. Kinematyka ruchu ciała sztywnego  | 41        |
| 2.1.1. Kąty Eulera   | 42        |
| 2.1.2. Kąty Cardana  | 49        |
| 2.2. Energia kinetyczna ciała sztywnego  | 53        |
| 2.3. Równania ruchu ciała sztywnego w ruchu kulistym   | 54        |
| 2.3.1. Przypadek Eulera. Interpretacja geometryczna ruchu ciała zaproponowana przez Poincota | 60        |
| 2.3.2. Przypadek Lagrange'a. Precesja pseudoregularna  | 68        |
| 2.3.3. Przypadek Kowalewskiej ruchu kulistego ciała sztywnego                                | 75        |
| 2.4. Istota efektu giroskopowego   | 79        |
| <b>3. DYNAMIKA GIROSKOPU NA RUCHOMEJ PODSTAWIE</b>   | <b>86</b> |
| 3.1. Wady igły magnetycznej i wahadła jako przyrządów pomiarowych                            | 86        |
| 3.2. Równania ruchu giroskopu na ruchomej podstawie  | 89        |
| 3.3. Wpływ tarcia w łożyskach zawieszenia na ruch giroskopu                                  | 103       |
| 3.4. Czujniki giroskopowe przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń kątowych                   | 108       |

|  |            |
|--|------------|
| 3.4.1. Giroskop o dwóch stopniach swobody jako czujnik przemieszczeń i prędkości kątowych    | 112        |
| 3.4.1.1. Analiza czujnika prędkości kątowych (schemat A)                                     | 115        |
| 3.4.1.2. Analiza czujnika przemieszczeń kątowych (schemat B)                                 | 117        |
| 3.4.2. Giroskop o trzech stopniach swobody jako czujnik prędkości i przyspieszeń kątowych    | 119        |
| 3.4.3. Analiza równań technicznych giroskopu pod działaniem sił                              | 123        |
| 3.4.3.1. Działanie na giroskop chwilowych momentów impulsów sił                              | 123        |
| 3.4.3.2. Ruch giroskopu przy oddziaływaniu stałego momentu zewnętrznego                      | 129        |
| 3.4.3.3. Ruch giroskopu pod wpływem momentu zewnętrznego, zmieniającego się harmonicznie     | 131        |
| 3.4.3.4. Ruch giroskopu pod wpływem momentu zewnętrznego, wywołanego niewyważeniem giroskopu | 134        |
| 3.4.3.5. Ruch giroskopu pod wpływem ruchu wirowego Ziemi                                     | 136        |
| <b>4. PLATFORMY GIROSKOPOWE</b>  | <b>144</b> |
| 4.1. Zasada działania jedno- i dwuosiowej platformy giroskopowej (JPG i DPG)                 | 145        |
| 4.2. Zlinearyzowane równania ruchu trzystopniowej platformy giroskopowej (TPG)               | 152        |
| 4.3. Sterowanie położeniem platformy giroskopowej  | 158        |
| 4.4. Sterowanie i korekcja jedno-, dwu-, i trzyosiowej platformy giroskopowej                | 166        |
| 4.4.1. Przykład liczbowy   | 172        |
| 4.4.2. Uwagi końcowe   | 183        |
| <b>5. STEROWANIE GIROSKOPEM W UKŁADACH SAMONAPROWADZANIA OBIEKTÓW LATAJĄCYCH</b>             | <b>184</b> |
| 5.1. Giroskop w bezzałogowym aparacie latającym (BAL)  | 184        |
| 5.1.1. Kinematyka nawigacji BAL  | 185        |
| 5.1.1.1. Równania kinematyki ruchu BAL   | 186        |
| 5.1.1.2. Równania ruchu linii wyszukiwania i obserwacji celu (LWOC)                          | 191        |
| 5.1.1.3. Tor ruchu punktu G  | 192        |
| 5.1.1.4. Kinematyka ruchu celu   | 193        |
| 5.1.2. Sterowanie osią giroskopu na pokładzie bojowego BAL                                   | 197        |
| 5.1.3. Sterowanie BAL  | 202        |
| 5.1.4. Uwagi końcowe   | 203        |

---

|   |            |
|---|------------|
| 5.2. Giroskop w lotniczej bombie kierowanej                                       | 204        |
| 5.2.1. Kinematyka ruchu samonaprowadzania aparatu latającego na cel na-<br>ziemny | 205        |
| 5.2.2. Równania ruchu bomby kierowanej  | 213        |
| 5.2.3. Giroskopowy układ sterowania bombą   | 218        |
| 5.2.4. Prawo sterowania dla pilota automatycznego bomby kierowanej                | 222        |
| 5.2.5. Otrzymane wyniki i wnioski końcowe   | 223        |
| <b>LITERATURA</b>   | <b>233</b> |