

SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| Spis ważniejszych oznaczeń | 7 |
| 1. BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE KLASY MIKRO | 11 |
| 1.1. Wstęp | 11 |
| 1.2. Przegląd konstrukcji Bezzałogowych Statków Powietrznych klasy mikro | 17 |
| 1.3. Problemy techniczne budowy μ BSP | 24 |
| 1.4. Specyfika lotu Bezzałogowego Statku Powietrznego klasy mikro | 27 |
| 2. ZASADY BUDOWY MODELI FIZYCZNYCH I MATEMATYCZNYCH MIKROSAMO- LOTÓW | 32 |
| 2.1. Wprowadzenie | 32 |
| 2.2. Model fizyczny mikrosamolotu | 35 |
| 2.3. Układy odniesienia oraz ich transformacje | 36 |
| 2.3.1. Zastosowane konwencje | 36 |
| 2.3.2. Układy odniesienia stosowane do opisu lotu mikrosamolotu | 37 |
| 2.3.3. Transformacje układów współrzędnych | 39 |
| 2.3.4. Związki kinematyczne | 42 |
| 2.3.5. Parametry Eulera-Rodriguesa | 45 |
| 3. MODEL MATEMATYCZNY MIKROSAMOLOTU | 49 |
| 3.1. Równania ruchu mikrosamolotu | 49 |
| 3.2. Siły i momenty sił zewnętrznych działających na mikrosamolot | 54 |
| 3.2.1. Siły i momenty sił grawitacyjnych | 55 |
| 3.2.2. Siły i momenty sił od zespołu napędowego | 56 |
| 3.2.3. Obciążenia aerodynamiczne | 57 |
| 3.2.4. Model matematyczny mikrosamolotu | 61 |
| 3.3. Równania układów autonomicznego sterowania mikrosamolotem | 62 |
| 3.3.1. Równania autopilota | 62 |
| 3.3.2. Model matematyczny układów wykonawczych | 66 |
| 3.4. Model matematyczny zespołu napędowego | 66 |
| 3.4.1. Model silnika elektrycznego | 66 |
| 3.4.2. Ciąg układu silnik-śmigło | 69 |
| 4. OBCIĄŻENIA AERODYNAMICZNE MIKROSAMOLOTU | 71 |
| 4.1. Wprowadzenie | 71 |
| 4.2. Modelowanie niestacjonarnych obciążeń aerodynamicznych jako funkcji zmiennych stanu | 72 |

| | |
|--|-----|
| 4.3. Doświadczalne wyznaczanie niestacjonarnych obciążeń aerodynamicznych mikrosamolotu | 79 |
| 4.3.1. Stanowisko badawcze – tunel wodny Model RHRC 2436 | 79 |
| 4.3.2. Cykl badań oraz kryteria podobieństwa | 85 |
| 4.3.3. Wyniki badań | 88 |
| 4.3.4. Identyfikacja charakterystyk aerodynamicznych mikrosamolotu | 93 |
| 4.3.5. Metoda funkcji impulsowej | 96 |
| 4.3.5.1. Wprowadzenie | 96 |
| 4.3.5.2. Ogólne sformułowanie modelu aerodynamicznego z wykorzystaniem funkcji impulsowej (na podstawie Klein i Noderer, 1994) | 97 |
| 4.3.5.3. Postać i fizyczna interpretacja funkcji impulsowej i funkcji niedomiaru | 102 |
| 4.3.5.4. Ruch oscylacyjny modelu w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego | 104 |
| 4.3.6. Identyfikacja charakterystyk i pochodnych aerodynamicznych mikrosamolotu (Klein i inni, 2004) | 110 |
| 4.3.6.1. Wyniki identyfikacji charakterystyk aerodynamicznych mikrosamolotu | 112 |
| 5. STATECZNOŚĆ DYNAMICZNA MIKROSAMOŁOTU | 132 |
| 5.1. Podstawowe pojęcia stateczności ruchu | 132 |
| 5.1.1. Stateczność w sensie Lapunowa | 132 |
| 5.1.2. Linearyzacja równań ruchu względem małych zaburzeń lotu ustalonego | 135 |
| 5.1.3. Jakościowa analiza stateczności dynamicznej | 139 |
| 5.1.4. Ilościowa analiza stateczności dynamicznej mikrosamolotu | 142 |
| 5.2. Bifurkacyjna analiza stateczności lotu mikrosamolotów | 156 |
| 5.2.1. Wprowadzenie | 156 |
| 5.2.2. Podstawy teorii bifurkacji | 158 |
| 5.2.3. Numeryczne metody teorii bifurkacji | 187 |
| 5.2.4. Metodyka badań bifurkacyjnych w dynamice lotu statków powietrznych | 189 |
| 5.3. Chaos deterministyczny – pojęcia, definicje i twierdzenia | 193 |
| 5.3.1. Wprowadzenie | 193 |
| 5.3.2. Podstawowe pojęcia teorii chaosu | 200 |
| 5.3.3. Mapy Poincarè i wykresy bifurkacyjne | 202 |
| 5.4. Bifurkacyjna analiza dynamiki lotu mikrosamolotu | 205 |
| 5.4.1. Numeryczna weryfikacja przewidywanych zachowań mikrosamolotu | 214 |
| 6. PODSUMOWANIE | 222 |
| Bibliografia | 226 |