

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	7
1. WPROWADZENIE – A. Tomczyk	9
1.1. Wyposażenie pokładowe samolotów ogólnego przeznaczenia	9
1.1.1. Funkcje wyposażenia pokładowego	9
1.1.2. Systemy pomiaru i prezentacji informacji	15
1.1.3. Pokładowe systemy informacyjne	17
1.1.4. Systemy przetwarzania informacji	18
1.1.5. Układy sterowania samolotem	20
1.1.6. Perspektywy rozwoju wyposażenia pokładowego	23
1.2. Rozwój systemów aktywnego sterowania samolotem	25
1.2.1. Wstęp	25
1.2.2. Aktywne systemy sterowania w lotnictwie cywilnym	27
1.2.3. Przykład samolotu Airbus A330	28
1.2.4. Proces projektowania systemu pośredniego sterowania	30
1.3. Właściwości pilotażowe samolotów	33
1.3.1. Wstęp	33
1.3.2. Zasady oceny właściwości pilotażowych	35
1.3.3. Ocena właściwości układów automatycznego sterowania samolotem	41
1.4. Modelowanie właściwości samolotu oraz systemu sterowania	42
1.4.1. Wstęp	42
1.4.2. Modelowanie dynamicznych właściwości samolotu	43
1.4.3. Modelowanie elementów układu sterowania	48
1.4.4. Uwagi o zastosowaniu modelowania matematycznego	53
1.5. Literatura	56
2. WŁAŚCIWOŚCI SYSTEMU POŚREDNIEGO STEROWANIA – A. Tomczyk	65
2.1. Założenia funkcjonalne	65
2.2. Wymagania i założenia projektowe	74
2.2.1. Wstęp	74
2.2.2. Wymagania środowiskowe	74
2.2.3. Ogólne wymagania projektowe	75
2.2.4. Właściwości użytkowe systemu sterowania	77
2.2.5. Niezawodność systemu sterowania	81
2.2.6. Perspektywiczne kierunki rozwoju	86

2.3. Architektura funkcjonalna systemu sterowania samolotem	87
2.3.1. Wstęp	87
2.3.2. Ogólne właściwości aktywnego systemu sterowania	88
2.3.3. Struktura aktywnego systemu sterowania	91
2.3.4. Dodatkowe funkcje systemów aktywnego sterowania	101
2.3.5. Uwagi końcowe	107
2.4. Algorytmy systemu sterowania	108
2.5. Literatura	114
3. SYNTEZA SYSTEMU POŚREDNIEGO STEROWANIA SAMOLOTEM – A. Tomczyk	119
3.1. Metodyka syntezy	119
3.1.1. Wstęp	119
3.1.2. Klasyczne metody syntezy sterowania	122
3.1.3. Metody optymalizacyjne	123
3.1.4. Sterowanie według modelu	127
3.1.5. Praktyka projektowania systemu pośredniego sterowania	138
3.2. System wspomagający ręczne sterowanie samolotem podczas lądowania	139
3.2.1. Geometria trajektorii lądowania	139
3.2.2. Struktura układu sterowania	142
3.2.3. Regulator PMF – <i>Perfect Model Following</i>	146
3.2.4. Regulator uproszczony SMF – <i>Simplified Model Following</i>	147
3.3. Kształtowanie właściwości dynamicznych samolotu	151
3.4. Ewaluacja właściwości pilotażowych samolotu	161
3.4.1. Metodyka oceny	161
3.4.2. Badania porównawcze wariantów systemu sterowania	171
3.4.3. Modyfikacja symulatora lotu	184
3.5. Literatura	195
4. INTERAKCJA PILOTA I SYSTEMU POŚREDNIEGO STEROWANIA – P. Rzucidło, A. Tomczyk	199
4.1. Analiza zjawiska oscylacji indukowanych przez pilota (PIO)	199
4.2. Kryteria oceny podatności systemu do generowania oscylacji PIO	207
4.2.1. Wstęp	207
4.2.2. Kryteria odnoszące się do PIO I kategorii	208
4.2.3. Kryteria odnoszące się do PIO II kategorii	215
4.2.4. Kryteria odnoszące się do PIO III kategorii	219
4.2.5. Analiza stosowalności kryteriów	221
4.3. Przykład prognozowania właściwości pilotażowych samolotu	222
4.4. Literatura	231

5. PROJEKT SYSTEMU POŚREDNIEGO STEROWANIA	
– A. Tomczyk	235
5.1. Projekt sprzętowy systemu sterowania	235
5.1.1. Projekt ogólny	235
5.1.2. Komputer sterujący	237
5.1.3. Oprogramowanie komputera sterującego	240
5.1.4. Elementy sterujące (interfejsy)	243
5.1.5. Magistrala transmisji danych	245
5.1.6. Moduł sterowania zespołem napędowym	247
5.1.7. Mechanizmy wykonawcze	249
5.1.8. Układy pomiarowe	255
5.2. Algorytmy sterowania pośredniego	262
5.2.1. Struktura oprogramowania systemu SPS-1A	262
5.2.2. Procedury sterowania samolotem	266
5.3. Integracja systemu i testy laboratoryjne	272
5.3.1. Integracja systemu pośredniego sterowania SPS-1A	272
5.3.2. Testy laboratoryjne	279
5.4. Literatura	285
6. BADANIA W LOCIE SYSTEMU POŚREDNIEGO STEROWANIA	
SPS-1A – A. Tomczyk	289
6.1. Program badań w locie	289
6.2. Zabudowa systemu sterowania SPS-1A w samolocie	292
6.3. Loty pomiarowe	296
6.4. Wybrane wyniki prób w locie systemu SPS-1A	300
6.4.1. Sterowanie mechanizmami wykonawczymi	300
6.4.2. Stabilizacja orientacji przestrzennej	301
6.4.3. Badania modułu sterowania zespołem napędowym	303
6.4.4. Ocena właściwości pilotażowych	306
6.4.5. Ocena właściwości użytkowych	313
6.4.6. Uwagi i wnioski	314
6.5. Literatura	317
7. UWAGI I PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA – A. Tomczyk	319
DODATKI	325
A. DANE LICZBOWE PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ	327
A1. Dane liczbowe przyjęte do syntezy sterowania samolotem pod- czas lądowania	327
A2. Dane liczbowe przyjęte do przykładu kształtowania właściwości dynamicznych samolotu	328
A2.1. Struktura modeli właściwości dynamicznych	328
A2.2. Matematyczny model „idealnego” samolotu w ruchu podłużnym ...	329

A2.3. Matematyczne modele dynamicznych właściwości samolotów wykorzystane w obliczeniach w p. 3.3	330
A2.4. Macierze wagowe do obliczeń praw sterowania pośredniego modelującego właściwości samolotu PZL M28 i DC-8	332
A3. Dane liczbowe samolotu przyjęte do analizy podatności systemu do generowania oscylacji PIO	333
B. ARKUSZE OCEN WŁAŚCIWOŚCI PILOTAŻOWYCH	335
B1. Ocena właściwości pilotażowych samolotu w skali Coopera–Harpera	335
B2. Ocena właściwości pilotażowych samolotu w skali TR	336
B3. Szczegółowa opisowa ocena właściwości pilotażowych samolotu ..	336
B4. Algorytm oceny właściwości pilotażowych samolotu w skali Coopera–Harpera	338
B5. Algorytm oceny właściwości pilotażowych samolotu w skali TR (<i>Training Rate</i>)	339
B6. Ankieta – dane statystyczne eksperymentatora	340
C. PROGRAM BADAŃ W LOCIE ZINTEGROWANEGO SYSTEMU POŚREDNIEGO STEROWANIA SAMOŁOTEM OGÓLNEGO PRZEZNACZENIA	341
C1. Przepisy i normy	344
C2. Opis i kompletacja układu pośredniego sterowania	345
C3. Samolot badawczy i aparatura pomiarowo-rejestrująca	347
C4. Badania naziemne	350
C5. Próby w locie	351
C6. Oczekiwana forma wyników badań	356
C7. Plany lotów próbnych	356
C8. Karta wyważenia samolotu	362
C9. Bilans energetyczny elektrycznej sieci pokładowej	366
C10. Lista kontrolna czynności	368
STRESZCZENIE	371
SUMMARY	373