

SPIS TREŚCI

Rozdział 1. Wprowadzenie	9
1.1. Konstruowanie układu wirnik-łożysko magnetyczne	11
1.2. Układ i zawartość książki	13
1.3. Podziękowania	17
Bibliografia	17
Rozdział 2. Model układu otwartego	18
2.1. Dynamika wirnika	19
2.2. Model symetrycznego układu otwartego	22
2.3. Dynamika cewek elektromagnesów	24
2.4. Symetryzacja układu otwartego w płaszczyźnie łożyskowej	29
2.5. Rozprzęganie modelu niesymetrycznego względem środka masy	29
Bibliografia	31
Rozdział 3. Konfiguracje sygnałów wejściowych i wyjściowych w łożyskach magnetycznych	32
3.1. Masa w aktywnym zawieszeniu magnetycznym jako obiekt sterowania	32
3.2. Ogólny model dynamiki obiektu sterowania w przestrzeni stanu ..	36
3.3. Siłownik aktywnego zawieszenia magnetycznego sterowany zmianą napięcia	37
3.4. Siłownik aktywnego zawieszenia magnetycznego sterowany zmianą prądu	45
3.5. Siłownik aktywnego zawieszenia magnetycznego sterowany zmianą indukcji magnetycznej	48
3.6. Podsumowanie rozdziału	53
Bibliografia	54

Rozdział 4. Projektowanie układów sterowania	55
4.1. Projektowanie regulatora PD i PID w wariancie sterowania prądowego	56
4.2. Projektowanie regulatora PD2 w wariancie sterowania napięciowego	64
4.3. Projektowanie łożyska samopomiarowego	71
4.4. Projektowanie regulatora PD i PID w wariancie sterowania indukcją magnetyczną	78
4.5. Wyniki badań eksperymentalnych aktywnego łożyska magnetycznego sterowanego prądowo	85
4.6. Podsumowanie	89
Bibliografia	90
Rozdział 5. Identyfikacja układów wirujących łożyskowanych magnetycznie	91
5.1. Wybór metody identyfikacji	92
5.2. Realizacja fizyczna układu otwartego	95
5.3. Układ z obserwatorem stanu i regulatorem w pętli sprzężenia zwrotnego	97
5.4. Algorytm identyfikacji parametrów Markowa	99
5.5. Identyfikacja modelu ARX	101
5.6. Identyfikacji on-line modelu ARX obserwatora/regulatora	104
5.7. Regulator z częścią całkującą	106
5.8. Identyfikacja parametrów zakłóceń	108
5.9. Komputerowe badania symulacyjne	111
5.10. Podsumowanie	116
Bibliografia	117
Rozdział 6. Sterowanie adaptacyjne	118
6.1. Sterowanie prądowe wirnikiem symetrycznym	119
6.2. Sterowanie adaptacyjne ruchem po trajektorii	129
6.3. Samostrojący się regulator	135
Bibliografia	141
Rozdział 7. Diagnostyka systemu łożyska magnetycznego	142
7.1. Lista uszkodzeń	144
7.2. Modelowanie uszkodzeń	146
7.3. Lokalizacja uszkodzonego czujnika	148
7.4. Tablica diagnostyczna	152
7.5. System diagnostyczny	156
7.6. Symulacja komputerowa układu detekcji uszkodzeń czujników	158
Bibliografia	162

Rozdział 8. Kompensacja okresowych wymuszeń	163
8.1. Identyfikacja układu przy zaszumionych sygnałach	164
8.2. Prawo sterowania w układzie kompensującym wymuszenia	166
Bibliografia	168
Rozdział 9. Przegląd konstrukcji elementu wykonawczego łożysk magnetycznych	169
9.1. Klasyczne heteropolarne i homopolarne siłowniki elektromechaniczne	170
9.2. Homopolarny siłownik elektromechaniczny z magnesami trwałymi	173
9.3. Homopolarny siłownik elektromechaniczny z elektromagnesami	177
Bibliografia	180
Rozdział 10. Projektowanie siłowników heteropolarnych	181
10.1. Projektowanie siłownika promieniowego łożyska magnetycznego	181
10.2. Model aktywnego zawieszenia magnetycznego	188
10.3. Właściwości dynamiczne siłownika łożyska magnetycznego	189
10.4. Analiza obwodu magnetycznego siłownika aktywnego łożyska magnetycznego	190
Bibliografia	221
Rozdział 11. Projektowanie i obliczanie siłowników homopolarnych	223
11.1. Projektowanie osiowego łożyska magnetycznego	223
11.2. Model aktywnego łożyska magnetycznego z magnesami trwałymi	226
11.3. Wypadkowa siła elektromagnetyczna siłownika z magnesami trwałymi	233
11.4. Algorytm projektowania łożyska magnetycznego z magnesami trwałymi	240
Bibliografia	249
Rozdział 12. Sterowniki mikroprocesorowe	251
12.1. Charakterystyka płyty głównej SBC67	251
12.2. Implementacja wybranych praw sterowania	253
12.3. Implementacja regulatorów cyfrowych sterujących łożyskiem magnetycznym	254
12.4. Wyniki pomiarów	257

Rozdział 13. Wzmacniacze elektroniczne mocy dla aktywnego zawieszenia magnetycznego	265
13.1. Wymagania techniczne dla wzmacniacza analogowego	265
13.2. Opis Techniczny projektu wzmacniaczy	266
13.3. Sprawdzenie parametrów wzmacniacza analogowego	272
13.4. Wymagania techniczne dla wzmacniacza z modulacją PWM	279
13.5. Opis techniczny projektu wzmacniacza mocy z modulacją PWM	280
13.6. Podsumowanie	286
Rozdział 14. Czujniki do bezkontaktowego pomiaru przemieszczenia	287
14.1. Czujnik wiroprowodowy	287
14.2. Czujnik indukcyjnościowy	289
14.3. Podsumowanie	312
Bibliografia	312
Rozdział 15. Sterowanie napędem elektrycznym	313
15.1. Silniki elektryczne z falownikami	313
15.2. Silnik elektryczny jako obiekt sterowania	316
15.3. Regulatory wykorzystywane do sterowania silnikami elektrycznymi	317
15.4. Wyniki i analiza badań eksperymentalnych	320
15.5. Podsumowanie	326
Bibliografia	328
Rozdział 16. Badania dynamiki wirnika sztywnego w łożyskach magnetycznych	329
Bibliografia	340
Rozdział 17. Sterowanie ruchem wirnika po zadanej trajektorii	341
17.1. Ruch po trajektorii w płaszczyznach łożysk	342
17.2. Model modalny wirnika sztywnego i prawa sterowania	344
17.3. Wyniki badań doświadczalnych	347
17.4. Badania symulacyjne	350
Bibliografia	355
Rozdział 18. Maszyna wirnikowa łożyskowana magnetycznie jako giroskop	356
18.1. Budowa giroskopu z wirnikiem zawieszonym magnetycznie	356
18.2. Badania eksperymentalne modelu laboratoryjnego	361
Bibliografia	370
Rozdział 19. Podsumowanie	371