

SPIS TREŚCI

Zestawienie podstawowych wielkości fizycznych	7
Przedmowa	9
1. PODSTAWOWE POJĘCIA	11
1.1. Warunki eksploatacji i pomiarów	11
1.2. Parametry i jednostki	13
1.2.1. Definicja i jednostki ciśnienia	13
1.2.2. Definicje i jednostki strumienia przepływu	14
1.3. Wybrana terminologia	15
2. WPROWADZENIE DO NAPĘDÓW PŁYNOWYCH	21
2.1. Technika napędów płynowych	21
2.2. Mechatronika w napędach płynowych	23
2.3. Rozwój napędów płynowych	25
2.4. Komputerowe projektowanie napędów płynowych	28
2.4.1. Biblioteki bloków dynamicznych	32
2.4.2. Biblioteki bloków hydraulicznych w środowisku Matlab/Simulink	33
3. PODSTAWY TEORETYCZNE NAPĘDÓW HYDROSTATYCZNYCH	41
3.1. Charakterystyka napędów hydrostatycznych	41
3.2. Ciecz robocza jako nośnik energii	43
3.2.1. Lepkość cieczy roboczej	44
3.2.2. Gęstość cieczy roboczej	48
3.2.3. Ścisłość cieczy roboczej	49
3.2.4. Właściwości cieplne cieczy roboczej	51
3.3. Zasada zachowania energii	52
3.3.1. Równanie zachowania energii	52
3.3.2. Analogie energetyczne	55
3.3.3. Akumulacja energii potencjalnej	59
3.3.4. Akumulacja energii kinetycznej	60
3.3.5. Uderzenie hydrauliczne	61
3.3.6. Prawo „równowagi” w napędach hydrostatycznych	63
3.3.7. Transformacja energii	64
3.4. Zasada zachowania masy	66
3.4.1. Równanie ciągłości przepływu	66
3.4.2. Przepływ związany ze ścisłością cieczy	70
3.5. Straty energii	73
3.5.1. Dyssypacja energii, sprawność termiczna	73
3.5.2. Straty ciśnienia	77
3.5.3. Przepływ przez otwory hydrauliczne	83
3.5.4. Charakterystyki statyczne oporów czynnych	87

5. Zasada zachowania pędu	92
3.6.1. Siła hydrodynamiczna	92
3.6.2. Siła hydrodynamiczna w suwaku sterującym	94
7. Bilans energii	97
3.7.1. Straty mocy napędu hydrostatycznego	97
3.7.2. Bilans cieplny napędu hydrostatycznego	102
PODSTAWY TEORETYCZNE NAPĘDÓW PNEUMATYCZNYCH	107
1. Charakterystyka napędów pneumatycznych	107
2. Podstawy fizyczne sprężonego powietrza	109
4.2.1. Właściwości sprężonego powietrza	109
4.2.2. Procesy termodynamiczne sprężonego powietrza	115
4.2.3. Bilans energii dla siłownika pneumatycznego	122
4.2.4. Sprężystość powietrzna (sprężyna pneumatyczna)	126
4.2.5. Siłownik ze sprężyną pneumatyczną	128
4.2.6. Prędkość dźwięku w powietrzu	129
3. Zasada zachowania masy	130
4.3.1. Bilans przepływu masowego	130
4.3.2. Napętnianie i opróżnianie zbiornika	133
4.3.3. Równanie ciągłości przepływu czynnika ściśliwego	134
4. Straty energii w instalacji pneumatycznej	135
4.4.1. Przepływ lepki powietrza	135
4.4.2. Przepływ ściśliwy powietrza	138
4.4.3. Straty ciśnienia w instalacji pneumatycznej	140
5. Przepływ sprężonego powietrza	144
4.5.1. Wypływ swobodny sprężonego powietrza	144
4.5.2. Przepływ sprężonego powietrza przez krótki otwór	151
4.5.3. Przepływ sprężonego powietrza przez zawory	155
METODY OBLICZANIA NAPĘDÓW HYDROSTATYCZNYCH	165
1. Sterowanie objętościowe	165
5.1.1. Prasa hydrauliczna	165
5.1.2. Podnośnik hydrauliczny	166
5.1.3. Przekładnia hydrostatyczna o ruchu liniowym	167
5.1.4. Przekładnia hydrostatyczna o ruchu obrotowym	169
5.1.5. Równoległe połączenie silników hydraulicznych	172
5.1.6. Szeregowe połączenie silników hydraulicznych	173
5.1.7. Transformator hydrauliczny	174
2. Sterowanie dławieniowe	176
5.2.1. Układ z dławieniem na dopływie silnika	176
5.2.2. Układ z dławieniem na dopływie siłownika	178
5.2.3. Układ z dławieniem na odpływie silnika	180

5.2.4. Układ z dławieniem na odgałęzieniu silnika	181
5.2.5. Układ z dławieniem na odgałęzieniu siłownika	183
5.2.6. Sterowanie z dławieniem czynnym	185
5.2.7. Szeregowe połączenie oporów hydraulicznych	188
5.2.8. Równoległe połączenie oporów hydraulicznych	190
5.2.9. Oporo hydrauliczne w półmostku hydraulicznym	191
5.3. Obliczanie siłowników hydraulicznych	192
5.3.1. Sztywność komory siłownika hydraulicznego	192
5.3.2. Częstotliwość drgań własnych siłownika serwonapędu	193
5.3.3. Amortyzacja ruchu tłoka siłownika hydraulicznego	195
5.3.4. Siła tarcia w siłownikach hydraulicznych	198
5.4. Dobór akumulatora hydraulicznego	202
5.4.1. Dobór parametrów akumulatora gazowego	202
5.4.2. Optymalny dobór akumulatora gazowego	206
6. METODY OBLICZANIA NAPĘDÓW PNEUMATYCZNYCH	211
6.1. Dobór siłownika pneumatycznego	211
6.1.1. Ruch tłoka siłownika	211
6.1.2. Równania ruchu tłoka siłownika	215
6.1.3. Sprawdzenie tłoczyska na wyboczenie	222
6.1.4. Obliczanie zużycia powietrza w siłownikach	225
6.1.5. Amortyzacja ruchu tłoka siłownika pneumatycznego	228
6.2. Dobór średnicy instalacji pneumatycznej	230
6.3. Dobór zbiornika sprężonego powietrza	233
6.4. Dobór zaworów pneumatycznych	237
Literatura	245
Streszczenia	249